N.

BIBLIOTHECA
FF. PRÆDICATORUM.
BENITIÆ.
No

St. Albert's College Library

ELEMENTOS DE FILOSOFIA

COMPUESTOS EN FRANCES

POR EL ABATE PARA DE FANJAS,
Presbítero de la extinguida Compañía de Jesus,

Y TRADUCIDOS AL CASTELLANO

POR DON LUCAS GOMEZ NEGRO,
Catedrático de Filosofía por segunda vez en la Real Universidad de Valladolid, y Abogado de su Real Chancillería.

TOMO II.

St. Albert's College Library

ELEMENTOS DE FISICA,

Ó COMPENDIO DEL CURSO COMPLETO DE FISICA ESPECULATIVA Y EXPERIMENTAL, SISTEMATICA Y GEOMETRICA.

PARTE SEGUNDA.

845
acc

EN VALLADOLID:
EN LA IMPRENTA DE LA VIUDA Y HIJOS DE SANTANDER.
AÑO DE MDCCXCVI.

Digitized by the Internet Archive
in 2026 with funding from
Graduate Theological Union

https://archive.org/details/elementosdefilos02para

INDICE

DE LOS TRATADOS, SECCIONES, ARTICULOS y PARRAFOS que contiene esta segunda Parte de los ELEMENTOS DE FISICA.

TRATADO SEXTO.

Págin.

TEORIA DE LA TIERRA. . . . . 1.

SECCION I. *Idea general del Globo terrestre.* . . id.
SECC. II. *Antiguedad de la Tierra.* . . . . 23.
SECC. III. *Los tres Reynos de la Tierra.* . . . . . 29.
ARTIC. I. *Idea general del Reyno animal.* . . . 30.
PARR. I. . *La Especie racional.* . . . . 32.
PARR. II. *La Especie irracional.* . . . . 44.
PARR. III. *Propagacion de los Animales y Vegetales.* . . . . 57.
ARTIC. II. *Idea general del Reyno vegetal.* . . . 77.
ARTIC. III. *Idea general del Reyno mineral.* . . . 89.

TRATADO SEPTIMO.

TEORIA DEL AGUA. . . . . 113.

SECC. I. *Leyes de la Hidrostática.* . . . . id.
SECC. II. *Orígen de las Fuentes.* . . . . 147.

TRATADO OCTAVO.

TEORIA DEL AYRE. . . . . 167.

SECC. I. *Naturaleza del Ayre.* . . . . 168.
SECC. II. *Naturaleza del Sonido.* . . . . 233.

*

TRATADO NONO.

TEORIA DE LA LUZ. . . . . 263.

SECC. I. . *Naturaleza de la Luz.* . . . . *id.*
SECC. II. *Diversidad de los Colores.* . . . . 272.
SECC. III. *Leyes de la propagacion de la Luz fuera del ojo.* . . . . 291.
SECC. IV. *Fenómenos de la Luz, en el ojo ó Principios de la Vision.* . . . . 304.

TRATADO DECIMO.

TEORIA DEL CIELO. . . . . 349.

SECC. I. . *El Sistema de Copérnico, ó el verdadero sistema del Mundo.* . . . . 351.
SECC. II. *Exâmen del Lleno y del Vacío.* . . . . . 396.
SECC. III. *Exîstencia y Leyes de la Atraccion.* . . 415.

ERRATAS.

Pág.	*lín.*	*dice*	*lee.*
9.	33.	otros nuevos	otras nuevas.
31.	32.	tales entre	tal es entre.
34.	6.	prococidad	precocidad.
68.	28.	sabina	salina.
71.	32.	lleno de fuego	lleno de jugo.
80.	últ.	lirio	azucena.
90.	5.	mineral	animal.
91.	16.	deslien	deslian.
93.	25.	fosibilidad.	fusibilidad.
97.	7.	y hallarémos	hallarémos.
99.	14.	fuegos disolventes	fuegos, ni disolventes.
105.	33.	esta.	esté.
106.	9.	disecados	desecados.
128.	26.	La presion	La presion en B.
137.	36.	está opuesto	está puesto.
167.	16.	los segundos	las segundas.
180.	26.	al aire	el aire.
186.	4.	de N	D N.
192.	11.	hace	hacer.
205.	33.	expuestas.	expuestos.
id.	35.	penetradas	penetrados.
207.	26.	á	ó.
215.	19.	concurrian	concuririan.
217.	7.	asta	esta.
228.	11.	para	por.
247.	15.	influyan	influya.
248.	1.	un aire	un movimiento.
252.	13.	todo.	toda.
256.	9.	ó impelemos	é impelemos.
272.	25.	al aspecto	al espectro.
276.	28.	tiene	tienen.
277.	32.	deparado	depurado.
280.	20.	impele	impide.
289.	18.	reflecten	reflecte.
296.	10.	está	esté.
300.	5.	calor	color.
307.	23.	reflecten	reflecte.
326.	11.	no sirve	nos sirve.
350.	3.	*astra cometa*	*astra comata.*
352.	6.	color	calor.
384.	1.	hunden	hunde.
392.	24 y 25.	está	esté.
417.	33.	del movimiento	de él un movimiento.
423.	38.	está	esté.
433.	23.	adoptar	adaptar.
438.	11.	de Atraccion	de la Atraccion.

ELEMENTOS DE FISICA

TRATADO SEXTO.

TEORIA DE LA TIERRA.

En la exposicion que vamos á hacer de la Teoría de la Tierra nos ceñirémos á dar una idea general de lo que concierne á su Constitucion, su Antigüedad y sus tres Reynos; y eſtos serán los objetos de las tres Secciones siguientes.

SECCION PRIMERA.

IDEA GENERAL DEL GLOBO TERRESTRE.

La *Tierra* y el *Mar* forman juntos una Esferoide, ó una especie de Globo elevado hácia su Equador, y aplanado hácia ſus Polos. Eſte Globo ó esferoide inmensamente grande reſpecto de noſotros, é infinitamente pequeño en comparacion del reſto de la Naturaleza parece eſtar pueſto y fixo inmovilmente ſobre sí mismo en medio del espacio inmenso, en el centro del firmamento á igual diſtancia ſensible de los Cuerpos celeſtes que hacen, ó parece que hacen ſus revoluciones cada dia al rededor de él. Eſte es el objeto que vamos á exâminar en eſta primera Seccion, asi en sí miſmo como en ſus relaciones y en ſus fenómenos mas patentes.

EXE, POLOS, EQUADOR, MERIDIANO.

492. DEFINICIONES. Aunque eftos quatro objetos pertenezcan mas particularmente á la Aftronomía, me parece necefario dar aqui una idea general y preliminar de ellos. (*Fig.* 70.)

I.° El Exe de la Tierra es una línea recta M C N tirada del Mediodia á Norte por el centro de la tierra hácia los dos puntos del Cielo, al rededor de los quales parece que todo el Cielo hace cada dia su revolucion. Efta misma línea prolongada indefinidamente por ambas partes hafta el Firmamento forma el *Exe del mundo.*

Los puntos M y N que terminan efta línea en el globo terreftre de una y otra parte, fon los *Polos de la tierra.* Los dos puntos *m n* en que se acaba en el Cielo efta línea indefinidamente prolongada, fon los *Polos del Mundo.*

II.° Si se toma en el globo terreftre un círculo A C B A que tenga por centro el centro mismo del globo, y cuya circunferencia efté por todas partes igualmente distante de los dos Polos M N; efte círculo ferá el *Equador de la tierra.*

El Equador perpendicular al exe divide el globo terreftre en dos Hemisferios iguales, de los quales el uno A N B A eftá al Norte y el otro A M B A al Mediodia.

III.° Si se toma en efte globo un círculo M C M N que tenga por centro el centro mismo del globo, y cuya circunferencia pafe por los dos polos M N: efte círculo ferá el *Meridiano* de todos los lugares por donde pafe su circunferencia.

El Meridiano divide la tierra en dos hemisferios iguales, de los quales el uno N B M N eftá al Oriente, y el otro N A M N cae al Occidente.

IV.° Como la Tierra es aplanada hácia los Polos, y elevada hácia el Equador, el radio C N ó C M tirado desde el centro á los polos es mas corto que el radío C A ó C B tirado desde el centro al equador, con la diferencia de feis ó siete leguas comunes de Francia poco mas ó menos (255).

MARES, CONTINENTES, ISLAS.

493. Descripcion. La ſuperficie del Globo que habitamos, mirada en toda su extension es en parte ſólida, y en parte líquida; pero la parte ſólida no es mas que como un tercio de la parte líquida. (*Fig.* 70.)

I.° Se llama *Continente* una grande extension de tierra firme que no éſta ſeparada, ni dividida por el mar. Tales ſon la Europa, Asia, y Africa juntas, que forman el antiguo Continente ó antiguo mundo. Tal es tambien la América que forma el nuevo Continente ó nuevo mundo.

II.° Se llama *Isla* una extension mas ó ménos considerable de tierra-firme que eſtá rodeada del mar por todos lados. Tales ſon la Inglaterra, Irlanda, Córcega, Sicilia, y otras (a).

III.° Se llaman *Mares* eſta inmenſa extension de aguas ſaladas que rodean á los Continentes y á las Islas.

La mayor parte de la ſuperficie ſólida y líquida del globo terreſtre eſtá descubierta, pero faltan aun por descubrir regiones inmenſas. Aunque se haya dado varias veces vuelta á todo el Globo desde Magallanes haſta nuestros dias, no se ha intentado todavia con baſtante eficacia el deſcubrimiento de un espacio inmenſo situado entre el Trópico de Capricornio T V, y el Polo auſtral M. ¿Sombra inmortal de Chriſtoval Colon, vueſtra gloria no producirá imitadores de vueſtro valor?

LAS ZONAS TERRESTRES.

494. Descripcion. La ſuperficie del Globo terreſtre se divide comunmente en cinco *Zonas*, ó en cinco Faxas largas de Occidente á Oriente. Como la tierra es so-

(a) Por lo que dice aqui el Autor se viene fácilmente en conocimiento de que *Peninsula* es una extension de tierra firme rodeada del mar casi por todas partes, y por alguna unida al continente. Tal es nuestra España,

bre poco mas ó ménos de figura esférica, un semi-círculo tirado de un polo á otro comprehende la mitad de su superficie: y el punto medio de este semi-círculo corresponde al Equador. Sobre este semi-círculo N C M es donde se toman y miden las Zonas de que vamos á hablar. (*Fig.* 70.)

I.° A los 23 grados y 28 minutos de una y otra parte del Equador A C B imagínense dos planos R S R y T V T paralelos entre sí y al Equador, que corten la tierra.

El espacio R S V T comprehendido entre estos dos planos es la *Zona tórrida*, la qual se divide á veces en Zona tórrida septentrional A B S R, y en Zona tórrida meridional A B V T.

II.° A los 66 grados y 32 minutos de un lado y otro del Equador imagínense igualmente otros dos planos paralelos al Equador y á los dos Planos anteriores, que corten la tierra cayendo uno al Norte, y otro al Medio dia del Equador.

El espacio H K S R comprehendido entre los dos planos septentrionales es la *Zona templada Septentrional.*

Y el espacio T V G F comprehendido entre los dos planos meridionales es la *Zona templada meridional.*

III.° El espacio H K N H comprehendido entre el polo septentrional, y el plano cercano H K es la *Zona glacial Septentrional.*

Y el espacio F G M F comprehendido entre el polo meridonal y el plano cercano F G es la *Zona glacial Austral.*

IV.° Los dos planos R S y T V forman sobre la tierra los dos Trópicos; el *Trópico de Cancer* R S R, y *el de Capricornio* T V T.

Los dos planos H K y F G forman los dos *Círculos polares*, el uno H K H al norte, y el otro F G F al medio dia, uno y otro distantes de su respectivo polo 23 grados y 28 minutos con corta diferencia; que es justamente otro tanto como distan los Trópicos del Equador.

V.° Es fácil hacer sensible la *Formacion geométrica*

de los Círculos que dividen y ſeñalan las Zonas; porque

Si se concibe que el Radio C A ó C B indefinidamente prolongado haga una revolucion al rededor del exe terreſtre M C N permaneciendo siempre perpendicular á él, eſte radio C A deſcribirá el *Equador terrestre* A B A ſobre la tierra, y el celeſte *a b a* en la inmensidad de los espacios celeſtes.

Si el Radio C R hace una revolucion al rededor del exe terreſtre M C N formando siempre con el plano del Equador un ángulo de 23 grados y unos 28 minutos, la extremidad R de eſte radio describirá ſobre la tierra la circunferencia R S R del *Trópico de Cancer*, y su extremidad prolongada describirá igualmente en el Cielo la circunferencia *r s r* del Trópico de Cancer celeſte. Y si el radio C T hace su revolucion en los mismos términos, describirá tambien ſobre la Tierra y en el Cielo la circunferencia T V T del *Trópico de Capricornio.*

Si el Radio C H hace una revolucion al rededor del exe terreſtre M C N formando siempre con el plano del Equador un ángulo de 66 grados y unos 32 minutos, su extremidad H describirá la circunferencia H K H del *Círculo polar boreal* ſobre la tierra, y prolongada describirá igualmente en el Cielo la circunferencia del Círculo polar Celeſte *h k h* al rededor del polo boreal. Y si el radio C F ó C G hace su revolucion en los mismos términos describirá igualmente ſobre la Tierra y en el Cielo la circunferencia F G F del *Círculo polar austral.*

LONGITUD Y LATITUD TERRESTRE.

495. Definicion. Como la parte de Tierra que conocian los Antiguos tenia mas extension de Occidente á Oriente que de Norte á Mediodia llamáron y hoy llamamos *Longitud* á su extension de Occidente á Oriente, y *Latitud* á su extension de Norte á Mediodia. (*Fig.* 70.)

I.° La *Longitud* se toma y mide ſobre el Equador contando los grados desde el Meridiano que paſa por medio de la Isla del Hierro al Occidente de la Africa.

II.° La *Latitud* se toma y mide sobre el Meridiano de un lugar contando los grados desde el Equador.

La *Latitud* se divide en *Latitud Septentrional* y *Latitud meridional.* Una Ciudad ó una montaña situada en H ó K baxo el círculo polar boreal está á 66 grados y 32 minutos de latitud boreal ó septentrional. Otra Ciudad ú otro qualquiera punto de la superficie terrestre situado en T ó V baxo del Trópico de Capricornio está á 23 grados y 28 minutos de latitud austral ó meridional, y asi proporcionalmente de los demas puntos de la Tierra.

SUPERFICIE DE LA TIERRA.

496. OBSERVACION. Segun las *Medidas Geométricas que se han tomado modernamente*, la mitad de la Circunferencia de la Tierra es de unas 8984 leguas comunes de Francia, y la mitad de su diámetro de unas 2860, que hacen 6,540,820 toesas, y estas 39,244,920 pies. (*Fig.* 70.)

I.° Como la superficie de una esfera es el producto de su circunferencia por su exe (*Math.* 573.), y la figura de la tierra es casi esférica, se sigue que la superficie de la tierra es el producto de 8984 por 2860 leguas comunes. Es así que $8984 \times 2860 = 25{,}694{,}240$.

Luego la *Superficie de la Tierra* es de 25,694,240 leguas quadradas con corta diferencia.

II.° Teniendo una legua comun (que es de la que aqui hablamos) 2287 toesas, cada legua comun tendrá 2287×2287 toesas quadradas, ó 5,230,369 toesas quadradas.

Multiplicando pues este número de toesas quadradas que tiene la legua quadrada por el número de leguas quadradas que tiene la superficie terrestre, se sacará el número de *Toesas quadradas* que tiene esta superficie, y son 134,390,356,374,560 toesas quadradas.

III.° La toesa quadrada tiene 36 pies quadrados; así en multiplicando el último número de toesas quadradas por 36 se sacará el número de pies quadrados que tiene la superficie del Globo terrestre, y son 4,838,052,829,484,160 pies quadrados.

497. Nota. Si se quiere hacer qüenta con la *Figura elipsoidal* aplanada hácia los polos y elevada hácia el equador que tiene, la tierra se sacarán los mismos productos con corta diferiencia en quanto á la extension de su superficie. (*Fig.* 70.)

Porque la superficie de una esferoide elipsoidal aplanada hácia sus polos y elevada hácia su equador es con corta diferencia igual á la superficie de una esfera que tuviese por diámetro una *Media proporcional* entre el exe grande de la esferoide que es en nuestro caso el diámetro del equador elevado, y el exe pequeño de la misma esferoide que es en nuestro caso el exe de la Tierra (*Math.* 755).

Los dos Producentes de esta superficie esférica darán una superficie igual con muy corta diferencia á la de la tierra, ó de 25,694,240 leguas quadradas. Pues lo que el diámetro del equador tiene de mas que el medio diámetro $x\,i$ á causa de su elevacion, tiene el exe terrestre de ménos á causa de su aplanamiento; y así el resultado del cálculo es el mismo que hemos sacado, ó á lo ménos la diferencia es tan corta que se puede no hacer caso de ella en una esferoide tan poco aplanada como la de la Tierra.

MONTAÑAS Y VALLES.

498. Observacion. Sobre toda la superficie de la Tierra se levantan *Montañas mas ó ménos elevadas.* Las unas aisladas, las otras acompañadas de grupos de montecillos; la mayor parte extendidas en cordilleras irregulares cuyas cimas ya áridas y peladas, ya cubiertas de arboledas ó praderas; aquí terminadas en ángulos, allá abiertas á manera de embudo parece que dominan en la region del ayre y mandan á los Valles que las circundan. De estas Montañas unas parecen anteriores, y otras posteriores al Diluvio.

I.° La formacion de las *Montañas ante-diluvianas*, esto es de estas principales Cordilleras de Montes cuyas encumbradas cimas se elevan á una altura considerable en

la region del ayre, ſobre la ſuperficie del Mar y de la Tierra, no admite, ni debe admitir explicacion alguna fíſica, porque ſu naturaleza y conſtitucion no preſenta nada que ſe pueda mirar como una dependencia de las Leyes generales del Univerſo.

¿En fuerza de que *leyes de la Naturaleza* las arenas esparcidas ſobre la ſuperficie de la tierra ſe reunirian hoy en las cercanias de Paris, ó en el inmenſo Mar Pacífico para formar un Pico (a) de Tenerife, ó un monte Atlas? Es evidente que ni las Leyes de la impulsion y atraccion, ni los fenómenos del fluxo y refluxo, ni qualesquiera otras cauſas naturales pueden producir efectos ſemejantes; como hemos demoſtrado en nueſtros Elementos de Metafíſica refutando los varios delirios de Theliamed ſobre eſta materia. (*Met.* 619, y 622.)

Es evidente que las Montañas principales y primitivas han sido formadas por un Ser increado y criador, que infinitamente poderoſo y libre formó la Tierra como tambien el Cielo del modo que le plugo, antes de someter uno y otro á las Leyes fíſicas deſtinadas á conſervar, perpetuar y modificar su Obra.

Se debe reconocer pues forzoſamente que eſtas *Montañas antediluvianas* deben su formacion únicamente á la acción creadora del Todo poderoſo, que formando el Globo terreſtre no podia formarle sin darle una conſtitucion modificada y terminada de un modo particular. Aora pues, le plugo al Criador al principio de los Tiempos dar á la Tierra una conſtitucion y configuracion terminadas en unas montañas tales quales juzgó que eran neceſarias ó convenientes á la Sabiduría y Beneficencia de ſus adorables miras.

II.° La formacion de las *Montañas posdiluvianas*, eſto es de eſtas montañas ſubalternas que parece que ſon de un orígen reciente, admite y aun á veces exîge una explicacion

(a) Este Pico se llama de Teide: algunos le llaman tambien aunque cón ménos exâctitud de Tenerife porque asi se llama la Isla en que está situado.

cion física ; porque eſtas especies de montañas preſentan fenómenos relativos á las Cauſas físicas, y á acontecimientos poſteriores á la Creacion, quales ſon las conchas fosiles, los árboles, y hueſos de animales que se han hallado petrificados en su ſeno.

Es claro que el Diluvio Univerſal, los Terremotos, la Erupcion de los Volcanes, la violencia de los Uracanes, las inundaciones de los Rios y de los Mares pueden haber acumulado ſuccesivamente de mil modos diferentes tierras, arenas, y todo género de ſubſtancias, que naturalmente endurecidas y criſtalizadas habrán dado á la Tierra *nuevas Montañas* que no tenia en su orígen primitivo, ó habrán cauſado mutaciones ó aumentos en las que tenia deſde su primitiva conſtitucion.

Por exemplo parece que algunas *Montañas pequeñas del Africa* deben su orígen á los espantoſos Uracanes que padecen freqüentemente aquellos paiſes, y que acumulan de diſtancia en diſtancia montones enormes de arena. Si estos montones tienen tiempo ſuficiente para adquirir un contacto baſtante inmediato que les dé la adherencia neceſaria, y si las lluvias descargaſen ſobre ellos varias materias heterogéneas que llenen ſus interſticios, y liguen ſus partes entre sí, eſtos montones de arena llegarán con el tiempo á ſer verdaderas Montañas en que la poſteridad podrá hallar árboles, animales y aun Caminantes ſepultados á mayor ó menor profundidad, y mas ó menos perfectamente petrificados.

III.° El Mar tiene tambien ſus Montañas interiores y exteriores. Las tierras y arenas que los Rios conducen continuamente á su ſeno pueden haber contribuido con las demas Cauſas de que acabamos de hablar á alterar en el mar las Montañas primitivas, y á ſubſtituirles ó aſociarles otros nuevos del mismo modo que lo hacen en la Tierra.

VOLCANES, TERREMOTOS.

499. Observacion. Hay en las montañas de varios paiſes cavernas á las que se da el nombre de *Volcanes*, que

se ven ya vomitar con ímpetu rios ardiendo de materias ſulfúreas y bituminoſas, ya lanzar una especie de granizo de pedazos de piedras, unas calzinadas, otras mas ó ménos vitrificadas y convertidas en escoria, ya despedir de su ſeno torrentes de humo, torbellinos de vapores, y nubes de ceniza con una fuerza incomparablemente ſuperior á la de la pólvora que se enciende en una mina, y á la del rayo que rompe los aires, y se precipita ſobre la tierra.

I.° Las *erupciones de los Volcanes* ni ſon permanentes, ni periódicas, sino ya mas, ya menos freqüentes y violentas. Ordinariamente las preceden unos ruidos ſubterráneos, semejantes á los del trueno que se oye reſonar á lo lejos: un bramido horroroso, un espantoſo eſtallido, un rechino interior anuncian comunmente el fenómeno deſolador que va á espantar y á arraſar los contornos. Las materias contenidas en lo interior del cráter, abierto por lo comun en figura de embudo irregular empiezan á herbir, y á veces borbollan haſta el punto de reboſar por la boca del volcan desde donde corren en torrentes enalbados á lo largo de la montaña abajo en donde se fixan y endurecen formando *Lavas.*

La cauſa de eſtos fenómenos deſoladores ſon los terribles fuegos que hay encerrados en el ſeno de eſtas montañas y que provienen de montones enormes de materias combuſtibles, que con la fermentacion se calientan y encienden en diſtintos tiempos. La accion de eſtos *Fuegos subterráneos* excitada por el reſorte del aire, y fortificada por el vapor del agua es infinitamente ſuperior á la de nueſtros hornos mas activos. Devora, calcina, ó vitrifica las materias mas rapaces, mas apiras y mas refractarias;

Como se ve por la naturaleza de ciertos pedazos de Lavas de las que una parte se halla vitrificada, y la otra que eſtá calcinada resiſte á toda la violencia del fuego ordinario de nueſtros hornos.

La accion de eſte fuego ſubterráneo que forma los Volcanes, y socaba poco á poco las bóvedas de las montañas es á veces tan grande, y su fuerza expansiva tan violen-

ta que produce por su reaccion Terremotos ó facudimientos fuertes, que agitan con violencia paifes enteros, alboratan el mar y le hacen mudar de curfo, hienden y traftornan montes, deftruyen y tragan Ciudades enteras, conmueven y arruinan los edificios mas fólidos á diftancias inmenfas, como confta por la hiftoria asi antigua como moderna de los Terremotos, cuya única ó principal caufa fon eftos fuegos fubterráneos.

En un Terremoto la parte que padece la conmocion tiene un movimiento que no la es comun con la mafa entera del Globo. Efte movimiento, efta agitacion consiste en que aquella porcion de tierra fube y baxa alternativamente, al pafo que el refto del globo permanece fensiblemente en su situacion ordinaria.

II.° Los Volcanes fon *Respiraderos de la Tierra* que dan falida á los fuegos que se encienden en su feno. Quanto mas libre tienen el pafo á la parte de afuera, tanto menor es su reaccion, y tantos menos Terremotos ocasionan.

Imagínefe una Mina que se enciende debaxo de un Baftion. Si la materia inflamable puede hacer libremente su erupcion por alguna hienda ó abertura, el baftion no padece la accion ni la reaccion de la pólvora. Pero si la erupcion es detenida por todas partes, la fuerza explosiva de la materia inflamada hace su exfuerzo así contra la mafa entera de la tierra que resifte inmenfamente, como contra el baftion que resifte infinitamente ménos. La mafa de la tierra queda fensiblemente quieta, y el bastion que cede á la accion del reforte que se despliega contra él recibe toda su impulsion, y es arrojado á mucha diftancia por los aires con una violencia proporcional á la caufa que obra fobre él.

Se ve por efto que las erupciones de los Volcanes no deben producir siempre Terremotos, y que los volcanes fon un beneficio de la Providencia que ha dispuefto efte medio de librar á la Tierra de mayores defaftres.

III.° Entre los *Montes que arrojan fuego*, los mas célebres fon el Vefubio en Italia cerca de Nápoles, el

Ethna en Sicilia, el Hecla en Irlanda, el Kamschatka en la gran Tartaria, el Monte Albours cerca del Monte Tauro en Asia, el Pico de Tenerife en las Canarias, la Caverna llamada Beniguaseval en el Reyno de Fez en Africa, el Volcan de Arequipa en el Perú, y otros.

FUEGO CENTRAL; SU CHÎMERA.

500. OBSERVACION. El Pueblo mira á los Volcanes como respiraderos ó bocas del Infierno que coloca sin ſaber porqué en el centro de la Tierra. Algunos Filóſofos entre quienes se puede contar al famoſo Descartes han imaginado con motivo de los Volcanes un *Fuego central* en la Tierra, ó unos Hornos inmenſos ſiempre encendidos en lo interior y hácia el centro del globo terreſtre, cuyo empleo ſea comunicar desde el centro á la ſuperficie de la tierra por medio de infinitos poros entreabiertos en ſus entrañas un fuego lento capaz de animar y vivificar á la Naturaleza. Otros Filóſofos con Leibnitz, Telliamed, y Buffon miran al Globo terreſtre como que habiendo sido antiguamente calcinado y vitrificado en toda su profundidad, conſerva todavia algunos reſtos de su primitivo calor, el qual va ſiempre deſcreciendo y debilitándoſe cada vez mas. Las *dos últimas Opiniones* son tan fabuloſas é infundadas como la primera; como se percibirá fácilmente, confrontándolas ſin preocupacion con las chîméricas ſupoſiciones de donde intentan deducirlas, con los fundamentos ruinoſos en que las apoyan, y con las consequëncias abſurdas á que conducen.

I.° La Tierra no tiene mas fuego interior, ni mas principio interno de calor que el *Fuego elementar*, que ha ſido primitivamente unido é incorporado con todas ſus subſtancias, y aquella parte acceſoria de fuego elementar que recibe continuamente del Sol, ó que la dan por accidente la fermentacion é inflamacion de las materias combuſtiles que hay ſobre su ſuperficie, ó á corta profundidad en ſus entrañas. Y no se alegará experiencia alguna cierta y deciſiva que pruebe lo contrario.

La caufa y pábulo del fuego de los Volcanes son las minas mas ó ménos grandes de materias fulfúreas, bituminofas, y otras femejantes que hay en lo interior de la Tierra, y que fermentando é inflamándofe hacen su explofion, y se disipan. Pero eftos fuegos fubterráneos no auncian un fuego central en la Tierra, como tampoco le anunciaria en un Mortero, un Cañon, ó baxo de un Baftion la pólvora que se echa en ellos.

II.° En las entrañas de la Tierra, y en los fubterráneos que no tienen libre comunicacion con el ayre exterior hay un temple igual y conftante en todas las Eftaciones, el mifmo en el Invierno que en el Estío; como es fácil convencerfe de ello por medio del Termómetro que se foftiene fiempre en eftos parages á 10 grados con corta diferencia mas arriba del punto de Congelacion. (210.)

Efto proviene de que el fuego libre, el fuego elementar, el fuego no combinado que eftá diftribuido y depositado en todos los cuerpos, se halla fensiblemente en la mifma quantidad en aquellas fubftancias que no estan expueftas á las vicisitudes de las Eftaciones, á los varios afpectos del Sol, ni á los diferentes temples de la atmósfera.

III.° Las *Aguas minerales* que fon calientes en su fuente deben el calor que tienen, ó á las minas encendidas junto á las que pasan, ó á algunas fubftancias heterogéneas que fermentan, y á veces se combinan con ellas en lo interior de la Tierra, y no á un chîmérico Fuego central, cuya idea antifilofófica es diametralmente opuefta á quanto nos enfeñan la experiencia y el discurfo acerca de la Teoría del Fuego; pues por eftos medios fabemos que el fuego no puede fubsiftir sin el concurfo de un ayre libre y eláftico que se renueve continuamente, y fin un pábulo siempre nuevo que pueda confumir y disipar; lo que es evidente que no puede fuceder en las fabulofas concavidades que se han imaginado hácia el centro de la tierra.

En quanto á la Opinion de los que dicen con Leib-

nitz, Thelliamed, y Buffon que el Globo terreſtre ha sido antigüamente incendiado y vitrificado, no creemos que merezca ſer refutada ſeriamente en una Obra elementar cuyo deſtino debe ſer eſtablecer *verdades útiles*; y no combatir Romances frívolos é incoherentes en que nada hay que pueda eſtender y perfeccionar nueſtras ideas, y en que todo lleva manifieſtamente el ſello de lo fabuloſo y chîmérico.

FORMACION DEL GLOBO TERRESTRE.

501. OBSERVACION. Ariſtóteles ſupone la Tierra exîstente desde toda la Eternidad; Epicuro atribuye su orígen al concurſo fortuito de un número infinito de átomos eternos; Telliamed fluctuando entre eſtas dos Hipótesis se contenta con atribuirla conversiones eternas en aſtro opaco, y aſtro luminoſo; conversiones antifilosóficas que apenas pueden preſentarſe al lado de los Cuentos de Brujas con que ſe divierte todavia á los niños de todas edades. Ninguno de eſtos Siſtemas cuyo abſurdo hemos demoſtrado en el quarto Tratado de nuestra Metafísica, merece la atencion de un Físico.

I.° En todo Siſtema arreglado á razon, y ſegun todos los Físicos iluſtrados la Tierra debe su formacion y exîstencia á un Artífice ſupremo increado y criador, único Autor, motor y conſervador de la Naturaleza. No hay acerca de eſte punto division alguna de opiniones, como tampoco la hay acerca de que las aguas del Mar hayan hecho manſion por algun tiempo ſobre todos los paiſes del globo que habitamos.

II.° ¿Pero la extructura que tiene hoy la Tierra es en el fondo la extructura primitiva que recibió del Criador? ¿O eſta extructura que ahora tiene ha ſido producida ſucceſivamente por varias Cauſas físicas? He aqui el objeto de las inveſtigaciones de los Físicos.

Unos mas amantes de lo maravilloſo que de lo verdadero guſtan de perderſe en una inmensidad de siglos para dar á la Tierra baſtante tiempo para que haya po-

dido mineralizarse y cristalizarse en el seno de las aguas, y convertirse en continentes, mares, islas, y montes mediante la influencia de las causas físicas.

Otros mas amantes de la verdad que de las maravillas estudian tranquilamente la Naturaleza y la Historia para sacar de ellas principios seguros, capaces de fixar su incertidumbre. Del número de estos últimos son los mejores Físicos y los Naturalistas mas célebres, quienes suponiendo la Tierra formada toda en el principio de los tiempos al tiempo de la Creacion, atribuyen á la universalidad del Diluvio, y á la influencia de las Causas naturales los fenómenos y monumentos singulares que presentan la superficie y lo interior de la Tierra devastada.

PROPOSICION.

502. " El estado actual de la Tierra no nos presenta „ fenómeno alguno que no se pueda explicar por la uni- „ versalidad del Diluvio, y la influencia de las causas na- „ turales. „

Demostracion. I.° Habiendo ya supuesto y demostrado que el Globo terrestre como tambien todo el resto de la Naturaleza ha recibido su exîstencia de un Ser increado y criador, como lo hemos hecho ver bien á la larga en el Tratado quarto de nuestra Metafisica, fuéra un absurdo atormentarnos para explicar su formacion, pues es bien claro que habiendo sido criado para los seres vivientes, debe haber salido de las manos del Criador con los principios y constitutivos que hoy nos presenta, y en los que nada se observa que haya sido capaz de inmutar su naturaleza.

Es pues inútil y absurdo irse á perder en una revolucion inmensa de siglos, y en un tenebroso laberinto de causas ya fabulosas, ya chîméricas para explicar un fenómeno que no necesita explicarse, y para dar razon de la formacion de un Globo que ha debido salir de las manos de su Autor enteramente formado.

II.° No se debe decir lo mismo de las Mutaciones

y Alteraciones de efte Globo. Aunque no fea necefario recurrir á ninguna caufa física para explicar fu formacion, es precifo hacerlo para dar razon de las mutaciones que se han obfervado en él, y de los fenómenos que se conoce que fon pofteriores á su conftitucion primitiva.

Pues así como feria una necedad y un abfurdo preguntar porque hay en nueftro Globo marga, aguas, arenas, plantas, montañas y valles, por quanto eftando deftinado efte Globo á fervir de habitacion á feres vivientes de varias efpecies era forzofo conforme á las miras del Criador que tuviefe todo efto para fuminiftrarles con que fatisfacer sus necesidades; es evidente que no lo feria menos quando se preguntafe porqué en el feno de efta marga, de eftas arenas, piedras, aguas, valles y montañas se encuentra una Ciudad enterrada como el Herculano en Italia, ó una fila de fetenta y dos aldeas tragadas por la tierra, como cerca de Gertruidemberg en Holanda, refponder que eftas ciudades y eftas aldeas han sido pueftas allí por el Criador, pues es evidente que eftos objetos no pertenecen á la conftitucion primitiva del Globo terreftre.

Ahora pues, entre los fenómenos que fe han obfervado en la fuperficie y lo interior de la Tierra, y en los que se ha hallado alguna cofa que no pertenezca á la *Constitucion primitiva* de efte Globo, no hay ninguno que no fe pueda explicar con baftante claridad por la univerfalidad del Diluvio, y la influencia de varias Caufas naturales como los terremotos, las inundaciones de los mares y rios, el fuego y erupcion de los volcanes, el hundimiento de las tierras y los montes, la quema de bosques y ciudades, y la violencia de los uracanes, de los tifones y de las bombas, principios todos tan fecundos y durables, que no fe pueden afignar límites algunos á los efectos infinitamente variados y multiplicados que pueden producir.

Luego por la univerfalidad del Diluvio, y la influencia de las Caufas naturales se pueden explicar todos los fe-

fenómenos asombrosos que se observan en el estado actual de nuestro globo. (L. Q. P. D.)

OBJECIONES, Y RESPUESTAS.

503. Objecion I. Las gruesas argollas destinadas á amarrar las naves, las estacas, cadenas, áncoras, reliquias de navios, pesquerías destruidas, y puertos cegados que se han encontrado en lo interior del Egipto y en algunos otros paises bastante tierra adentro anuncian que ha habido tiempo en que estas regiones eran costas de mar. ¿Se dirá que estos *aprestos de Navegacion* exîstian antes del Diluvio? ¿Se dirá que los estragos que ellos suponen han sido causados por el Diluvio, ó por algunas otras Causas físicas posteriores á él, siendo así que ni la Historia Sagrada ni la Profana hacen mencion alguna de semejantes acontecimientos? ¿No es mas conforme á razon juzgar que estos paises han estado habitados, y han sido destruidos en siglos inmensamente anteriores á aquellos de que tenemos noticia, y que la Tierra ha padecido succesivamente prodigiosas revoluciones, bastantes siglos antes del tiempo en que la Escritura fixa su orígen?

Respuesta. Los paises en donde se encuentran estos puertos cegados, estas pesquerías enterradas, estos vestigios y monumentos que anuncian aprestos de Navegacion no estan muy elevados sobre la superficie actual del Mar, y pueden muy bien ser ó anteriores, ó posteriores al Diluvio.

I.° Estos *Monumentos pueden absolutamente ser anteriores al Diluvio.* La Historia Sagrada, es verdad no habla nada de navegacion antes del Diluvio, pero este es un argumento puramente negativo que no impide que se la suponga exîstente antes de él, y mas ó ménos perfeccionada en ciertos paises.

En el espacio de 2234 años que pasáron desde la Creacion hasta el Diluvio tuviéron los hombres tiempo suficiente para inventar y perfeccionar las artes mas sen-

cillas y necesarias. ¿ Pues porque no se podrá creer que tuviéron tambien algun conocimiento de la navegacion, cuyo mecanismo y principios nos indica y muestra sensiblemente la naturaleza de mil modos diferentes que no se les ocultan á los Salvages mas groseros y estúpidos de la Tartaria y del Canadá? ¿Si algunos de estos *Puertos cegados* están á mayor altura que otros, porque los mas elevados no habrán podido ser construidos para diferentes canales del Nilo en Egipto, y de otros rios en otros Paises?

Por lo demas no nos hemos de imaginar que estos puertos cuyos vestigios se han hallado en lo interior de las tierras en Egipto y en algunos otros Paises son como los de Tolon, Londres, ó Amsterdan. El Puerto del Sena en Paris vale mas que quanto nos anuncian los vestigios de los puertos subterráneos que se han descubierto á lo lexos del mar.

Si es verdad que se haya hallado una *Ancora de navio* en lo interior de una montaña muy elevada y muy distante del mar (hecho que se ha afirmado, y no se ha probado todavia suficientemente), no es necesario construir al instante un puerto imaginario en la cumbre de este monte para dar razon de esta áncora en este sitio. Esta Ancora ha podido ser fabricada sobre este mismo monte con destino á ser conducida á un puerto mas ó ménos distante; ha podido tambien haber sido metida antes del Diluvio en algun barquichuelo que despues de haber flotado largo tiempo sobre las aguas se haya estrellado contra esta montaña al tiempo de este memorable desastre.

II.° *Estos Monumentos pueden ser y son verosimilmente posteriores al Diluvio.* Apenas se puede poner en duda que los Mares se elevan y baxan succesivamente en paises diferentes. (*Met.* 588 y 618.)

Baxando el mar succesivamente en un pais, por exemplo en Egipto y en todas las costas del Mediterraneo habrá dexado en seco algunos puertecillos construidos despues del Diluvio, que se habrán quedado en-

terrados debaxo de las tierras y arenas acumuladas por las aguas al retirarse con mas ó menos rapidez ; y los uracanes, los tifones , las inundaciones de los rios habrán acabado de cegarlos sepultándolos baxo de montones enormes de arena.

504. Objeccion II. Los inmensos rimeros de Conchas colocadas por capas en las entrañas de la tierra, y en las concavidades de las montañas, indican que las aguas han hecho mansion por espacio de muchos siglos sobre toda la superficie de la tierra ; pues la mansion de un año que fué la del Diluvio, apenas hubiera podido formar una sola de estas capas. Luego la Tierra ha estado sepultada debaxo de las aguas por espacio de un número considerable de siglos.

Respuesta. I.° Es evidente que paseándose las aguas sobre la superficie de la Tierra por espacio de diez ó doce meses que duró el Diluvio, su espantosa masa y la de las arenas del mar han podido deponer succesivamente en las concavidades de las *Montañas primitivas*, y en el fondo de los Valles inmediatos no solamente una, sino todas las capas que se quieran de materias diferentes. (*Met.* 619. y 622.)

Estas varias capas se habrán dispuesto y colocado unas sobre otras en todo el tiempo que duró el Diluvio segun las Leyes de la gravitacion y el impulso de los corrientes , el que se variaria infinitamente tanto por la posicion como por la reflexîon de las Montañas primitivas á las que el Diluvio haria tambien sentir sus horrorosos estragos aunque sin mudarlos ni destruirlos enteramente. Y estas Materias llevadas por las corrientes , y depuestas en capas mas ó ménos irregulares habrán sufrido despues las mutaciones que exîgen las leyes ordinarias de la Cristalizacion. (134.)

II.° La *mudanza de lecho de los Mares* acaecida en diferentes tiempos, y ocasionada por las mudanzas del Centro de gravedad del globo terrestre puede tambien haber influido mucho en algunos de estos fenómenos.

Elevándose el Mar en un pais, debe segun las le-

yes de la Hidroſtàtica baxar en el pais opueſto. Baxando en un pais habrá dexado en ſeco en diſtintos tiempos grandes playas cubiertas de Conchas marinas que enterradas ſucceſivamente y poco á poco debaxo de la arena habrán padecido varias transformaciones conforme á las Leyes generales de la Petrificacion ó de la Cristalizacion de los cuerpos terreſtres.

505. OBJECCION III. Los Cometas ſegun todos los Físicos iluſtrados, y conforme á las Leyes generales del Choque y de la Atraccion pueden cauſar grandes revoluciones en la Tierra. Por exemplo: un Cometa como el del año de 1680, que ſegun Newton, Halley, y Maupertuis no diſtaba en ſu perhihelio del Sol mas que la ſexta parte de un *diámetro Solar*, incendiado por eſte Aſtro puede encontrarſe con la Tierra, pegarla fuego, arraſtrarla tras de sí, y cauſar en ſus mares un fluxo y refluxo capaces de inundar toda ſu ſuperficie. ¿Pues porque no ſe podria ſuponer, ó á lo ménos sospechar que ha habido un acontecimiento de eſta eſpecie en los ſiglos anteriores al nueſtro?

RESPUESTA. Las Posibilidades no ſon *Hechos históricos*, y aqui tratamos de hechos y no de posibilidades. Segun todos los Fiſicos iluſtrados y ſenſatos, la Tierra, los Planetas, los Cometas, las Eſtrellas, la Naturaleza entera deben ſu exîſtencia á un Ser increado y creador. Es cierto que la Tierra ha podido abſolutamente padecer deſde la Creacion haſta nueſtros dias otras revoluciones que las que ha ſufrido, pero no hay monumento alguno que compruebe que las ha padecido en efecto.

I.° Si la Tierra hubiera ſido alguna vez inundada ó abraſada por un Cometa, los hombres, los volátiles, y los quadrúpedos hubieran ſido deſtruidos ſin recurſo y para ſiempre, y no hubiera hoy eſpecie alguna viviente ſobre la ſuperficie del globo terreſtre.

II.° Aunque conforme á las Leyes generales de la Impulſion y de la Atraccion puedan abſolutamente los Cometas cauſar horribles eſtragos en la Tierra, es ve-

rosímil que la indefectible Sabiduría del Criador que queria la exîstencia y permanencia de su Obra haya dispuesto y combinado de tal suerte desde el principio de los Tiempos los varios movimientos de los Cuerpos celestes en el seno del Vacío inmenso al rededor del Sol, que estos cuerpos no puedan ni deban jamas acercarse tanto unos á otros que choquen mutuamente, se inunden, se incendien, y desordenen así la economía general de la Naturaleza. Por tanto la Tierra no ha sufrido, ni hay que temer que sufra estrago alguno de parte de los Cometas.

III.° Ademas los estragos que se quieren atribuir á los Cometas por medio de la Atraccion, ó de su incandescencia son en mucha parte imaginarios, porque estos Astros á causa de la inmensa velocidad que tienen en su perihelio no permanecen cerca del Sol ó de la Tierra el tiempo suficiente para encenderse cerca de aquel, y alterar sensiblemente en esta los fenómenos ordinarios de la Gravitacion y de la Hidrostática.

506. Objeccion IV. Las mudanzas del centro de gravedad en el globo que son sin duda alguna posibles y probables, destruyen las pruebas físicas en que se funda la exîstencia de un Diluvio universal; pues los fenómenos que se atribuyen comunmente al Diluvio pueden haber provenido de varias mudanzas del centro de gravedad, que hayan hecho mudar succesivamente de lecho á los mares.

Respuesta. Convengo en que las *mudanzas del centro de gravedad* son posibles y probables; pero niego que puedan provenir de ellas todos los fenómenos que nos comprueban la exîstencia de un Diluvio universal. (*Fig.* 71.)

I.° Para dar aqui una idea general de estas mudanzas del centro de gravedad: supongamos que en el punto H en lo interior del Mar, y no lexos de la superficie de la Tierra haya una *Caverna inmensa* cuya capacidad vacía sea igual al volúmen de muchas montañas juntas. Supongamos tambien que un Terremoto

ocasionado por incendiarse cerca de esta caverna varias materias fermentativas y combustibles llega á entreabrirla, sin duda alguna las aguas del mar refluirán hácia el punto H de todas las partes del mundo para precipitarse en fuerza de su pesantez en este abismo entreabierto. ¿Pero que es lo que deberá suceder en este caso segun las Leyes de la Gravitacion? Sucederá que el emisferio M A N adquiriendo mayor masa adquirirá tambien mayor fuerza atractiva, y que el centro de atraccion y gravitacion que antes residia en C pasará aora á D (802); Sucederá que las aguas del mar que se ponen siempre y por todas partes en equilibrio al rededor de su centro comun de atraccion y gravitacion, y que en un mismo círculo paralelo al Equador se colocan á igual distancia de su centro comun de atraccion y gravitacion formarán en su superficie un nuevo Globo ó nueva Esferoide M *b* N *a* M baxándose en B, y elevándose en A.

Aunque en este caso la quantidad de agua que se retira á la caverna H sea como infinitamente pequeña en comparacion de toda la masa de las aguas, é incapaz de consiguiente de producir una disminucion sensible en la altura total de los mares; el mar se elevará una quantidad notable en A y en R, y baxará una quantidad igual en B y en S. En nuestro Curso completo de Metafísica á los números 824 y 825 hemos hecho ver que aun suponiendo que la Caverna H contuviese quatro leguas cúbicas de agua, la elevacion de esta en A, y su depresion en B no seria mas que como de quatro líneas.

Por esto se comprende lo que deberia suceder en M si se llegase despues á abrir en este punto otra caverna semejante á la primera. En este caso el centro de atraccion y gravitacion, despues de haber pasado de C á D pasaria otra vez de D á T, y las aguas subirian en M y baxarian en N.

II.° Supuesta esta teoría física se ve claramente que la hipótesis de las mudanzas del centro de gravedad no

destruye de modo alguno las pruebas físicas que acreditan la exîstencia de un Diluvio universal.

Una *mudanza del centro de gravedad* en el Globo terrestre no puede acontecer sino con motivo de una mudanza del lecho en el Mar; y una mudanza del lecho del Mar ocasionada por los estragos de los volcanes y terremotos nunca puede ser tan considerable que haga subir inmensamente al mar en un pais, y baxar inmensamente en otro.

Aunque en fuerza de una mudanza de esta especie se formase un nuevo Golfo tan grande como el Mar Negro ó el Báltico, apenas se elevarian los Mares cercanos á él algunos pies ó algunas pulgadas.

Es pues falso que los monumentos del Diluvio que se han hallado en todas partes en lo interior de los Continentes y en la cima de las Montañas mas altas puedan provenir todos de las mudanzas del centro de gravedad, las quales solo han podido influir en algunos Paises poco elevados sobre la superficie así antigua como moderna del Mar.

SECCION SEGUNDA.

ANTIGUEDAD DE LA TIERRA.

507. Observacion. ¿Quanto tiempo hace que exîste nuestro Globo terrestre? He aqui el gran Problema que vamos á resolver en esta Seccion.

I.° Segun los *Libros sagrados*, es decir segun los mas antiguos, mas auténticos, mas irrefragables monumentos históricos que se pueden presentar al entendimiento humano, la exîstencia de la Tierra no sube mas arriba en este presente año de 1780 que como unos 5776 segun la Cronología de la Vulgata, y unos 7133 segun la de los Setenta que prefiero á la de la Vulgata. (*Met.* 261, y 624.)

II.° Segun *algunas Fábulas* Egipcias, Caldeas, Indias y Chinas la exîſtencia de la Tierra es inmenſamente anterior á eſte tiempo. Tiene 36000 años ſegun los primeros, 470000 ſegun los ſegundos, y lo miſmo, ó acaſo mas ſegun los terceros y quartos.

Se puede ver si ſe quiere, en la quinta Seccion de nueſtra Filoſofía de la Religion una diſcuſion bien ampla ſobre todo lo que concierne á las *diferentes Cronologías* de los varios Pueblos de la Tierra.

PROPOSICION.

508. „ La Opinion que atribuye á la Tierra mayor „ antigüedad que la que la da la Sagrada Eſcritura, no „ eſtá fundada en ninguna prueba ſólida tomada de la „ Física, de la Hiſtoria, ni de la Aſtronomía.

Demostracion. I.° *La Física* no preſenta ningun hecho, ningun monumento, ni fenómeno que ſuponga en la Tierra mayor antigüedad que la que la dan los Libros ſagrados; pues como hemos demoſtrado, quantos monumentos y fenómenos obſervamos en lo interior ó ſobre la ſuperficie de la Tierra, provienen ó de ſu conſtitucion primitiva, ó de las alteraciones que han podido y debido ocaſionar en el diſcurſo de muchos millares de años así el Diluvio, como las Cauſas naturales. (502.)

II.° La *Historia* lexos de apoyar la inmenſa antigüedad que atribuyen á la Tierra las rancias Fábulas de ciertas Naciones, echa completamente por tierra eſta opinion, autorizando como auténtico é irrefragable el Orígen reciente de las Naciones, de las Ciencias, y de las Artes, que es el principal monumento que depone contra eſta fabuloſa antigüedad de la Tierra, como lo hemos hecho ver tratando de la exîſtencia de un Dios Criador (*Met.* 604).

III.° La *Astronomía* no nos ofrece tampoco monumento alguno que pueda ſervir de fundamento á la opinon que fecha la exîſtencia de la Tierra en tiempos mas remotos que aquel en que fixan los Libros Sagrados ſu creacion.

Por

Porque en primer lugar *la Astronomía mitológica* no ſube á mas que como á unos 2400 años antes de la Era vulgar, lo que no viene á ſer mas que á unos 800 años despues del Diluvio ſegun la Cronología de los Setenta, que con la mayor parte de los Sabios preferimos á la de la Vulgata. (*Math.* pag. 16 y 18.)

En segundo *la Aſtronomía Caldea* no sube á mas que á 1903 años antes de la Expedicion de Alexandro segun las Obſervaciones recogidas por Calístenes al tiempo de eſta Expedicion; y la *Cronología China* con que se ha metido tanto ruido en eſtos últimos tiempos, despojándola de lo que incluye evidentemente fabuloſo, no ofrece monumento alguno apreciable que paſe de 400 años antes de nueſtra Era Criſtiana; eſto es de siete ú ochocientos años deſpues del Diluvio. (L. Q. P. D.)

509. Corolario I. „ Es pues falso que el expectá- „ culo de la Tierra, ó los Monumentos tanto hiſtóri- „ cos como aſtronómicos de los Caldeos, Egipcios, Chi- „ nos, é Indios ſuminiſtren prueba alguna ſólida contra „ la Cronología de Moyſes, ó contra la poca antigüe- „ dad que eſte Hiſtoriador da á la Tierra y al Univerſo. „

Explicacion. I.° Los Monumentos aſtronómicos de los Caldeos que pueden merecer alguna fe y dar algunas luces útiles á la Aſtronomía, no ſuben mas arriba de la Era Criſtiana sino como á unos 721 años ſegun Ptolomeo, que es el único autor que nos da noticia de ellos.

II.° Los Monumentos aſtronómicos de los miſmos Caldeos de que no puede hacer uſo la Aſtronomía á cauſa de su incertidumbre, inexâctitud y poca utilidad, ſuben mas arriba del tiempo de Alexandro como á unos 700 años ſegun Plinio, y como á 1903 ſegun otros Historiadores, y así eſtos monumentos no llegan á lo mas, mas que hácia el tiempo de Nemrod.

III.° Los Monumentos hiſtóricos y aſtronómicos de los Egipcios, Fenicios y Griegos son todos poſteriores á los monumentos hiſtóricos y aſtronómicos de los Caldeos, ſegun convienen todos los Hiſtoriadores y Críti-

cos ilustrados. Y aun los Monumentos históricos de la Nacion Egipcia pereciéron todos, segun confiesan los Autores mismos de esta Nacion en el tiempo de la Guerra de los Persas, que fué anterior á Maneton.

IV.° La Historia misma de los *Tiempos fabulosos* no favorece en nada á la opinion, ó mas bien á la fábula que impugnamos.

Diódoro Sículo dice que á Urano se le tenia por el primero que habia reunido é instruido á los hombres que andaban antes dispersos por los bosques. De él refiere que observaba con cuidado los Astros, predecia á los hombres lo que debia acontecer en el Cielo, y distinguia los años por el movimiento del Sol, y los meses por el de la Luna.

Entre los hijos de Urano segun el mismo Historiador, fuéron los principales Atlas y Saturno, quienes dividiéron entre sí el Imperio. A Atlas le tocó la parte situada hácia el Oceano, y se dedicó enteramente á imitacion de su Padre á observar los Astros.

„ Parece, dice M. de Lalande en su sabia y pro-
„ funda Astronomía, que se creia generalmente que el
„ Atlas de los Griegos habia florecido 2400 años antes
„ de Jesu-Christo. Este es tambien con corta diferiencia
„ el tiempo en que vivió Noe segun los Comentado-
„ res de la Sagrada Escritura, y es igualmente la an-
„ tigüedad mas remota que se puede conceder á los ele-
„ mentos de la Astronomía mas sencilla, aun caso de
„ que se adopte esta tradicion de los Griegos acerca de
„ la antigüedad de Atlas. Ciceron nos dice expresamente
„ en sus Qüestiones Tusculanas, que el conocimiento divi-
„ no de los movimientos celestes que tuviéron Atlas y su
„ hermano Prometeo habia dado motivo á decir que el
„ primero sostenia el Cielo, y el segundo estaba atado al
„ monte Caucaso. Hasta aqui no tenemos mas que una
„ tradicion obscura y fabulosa; pero hácia el tiempo
„ del Sitio de Troya y de la Expedicion de los Ar-
„ gonautas 1300 años antes de Jesu-Christo hizo ya al-
„ gunos progresos la Astronomía. El Centauro Chîron

„ natural de Thesalia é hijo de Saturno enseñó á los
„ hombres á hacer *Asterismos* ó figuras del Cielo, y
„ fué Maestro de Aquiles. Los nombres que tienen hoy
„ las Constelaciones dan indicios de haberlas sido pues-
„ tos por los Griegos poco despues del Viage de los
„ Argonautas; y de este parecer era Séneca, pues dixo no
„ hace aun 1500 años que la Grecia ha contado y pues-
„ to nombre á las Estrellas. „

V.° Los Chinos no tienen ningun monumento astronómico anterior á Jesu-Christo, que merezca aprecio alguno. Esta Nacion estaba sumida en la mas profunda ignorancia por lo que toca á la Ciencia del Cielo en el tiempo en que la Astronomía habia ya hecho progresos considerables en la Caldea y el Egipto. No empezáron los Chinos á calcular los Eclipses con alguna exâctitud hasta como 500 años despues de Jesu-Christo, y quando llegáron á la China en estos últimos tiempos los Misioneros Europeos, halláron todavia á las Ciencias y en especial la Astronomía en una especie de infancia.

Por lo que toca á los Anales de esta Nacion son como los de todas las antiguas Monarquías obscuros, confusos, inciertos y fabulosos en lo que refieren de sus principios; y lo que ofrecen de seguro y cierto no prueba que el orígen de esta Nacion sea anterior al año 150 despues del Diluvio con corta diferiencia segun la Cronología de la Vulgata, y como al ocho ó nueve cientos igualmente despues del Diluvio segun la de los Setenta.

VI.° Segun el célebre Académico Freret á quien no se tendrá por muy favorable á las ideas y principios del Cristianismo, los antiguos tiempos históricos de los Indios no merecen mas aprecio que sus tiempos fabulosos, y ninguna *Tradicion India* exâminada de buena fe llega al año 360 de nuestra Era vulgar.

Segun las fábulas del *Shaslad* que es el Libro mas antiguo de los Indios, y el pretenso Libro sagrado de los antiguos y modernos Brachmanes del Indostan, de los Talapones de Sian, y de parte de los Bonzos de la China y el Japon, lejos de subir á una infinidad de siglos

de antiguedad el orígen del mundo visible ó de eſte mundo material que habitamos, ſolo llega á 4876 años antes del preſente 1780, como lo hemos explicado mas latamente en nueſtro Curſo completo de Metafísica al número 1056.

VII.° La *Historia de Moises* aun leida con ojos puramente profanos, se preſenta ſegun ya lo hemos obſervado en otra parte como evidentemente ſellada con el auguſto Sello de la verdad, y tiene sin disputa toda la autoridad de que es ſusceptible la Hiſtoria por lo que toca al Orígen de las Coſas, y á los primeros siglos del Mundo, que es de lo que tratamos al preſente. Asi lo acredita independientemente de los caracteres divinos que la hacen auténtica é infalible, el moſtrarſe su Autor en toda ella como un hombre iluſtrado, como un hombre íntegro y juicioſo, como un hombre que tenia proporcion de eſtar inſtruido en todo quanto escribe, como un hombre abonado por el teſtimonio de otros así durante su vida como despues de su muerte en quanto á todos los hechos que refiere su Hiſtoria. Y así tambien lo acredita el punto miſmo que se pretende hoy impugnar en su Historia, esto es el *Orígen reciente de la Tierra y del Mundo*, pues ſolo con él se puede conciliar el orígen reciente de las Naciones, de las Ciencias y de las Artes, que es un hecho cierto, notorio y acreditado por millares de pruebas ſensibles, permanentes é irrefragables.

510. COROLARIO II. *Se ve ya por todo lo que acabamos de observar y probar, sobre quan vanos y frívolos fundamentos está apoyada la Cronología Egipcia, Caldea y China tan ponderada en nuestros dias por algunos Corifeos de la Irreligion.* Y se puede por eſto conocer quan crédula es á veces la miſma Incredulidad que la adopta y ſostiene con tanta ansia y tanto énfasis.

¿ Habrá quien viſto lo dicho, se atreva todavia á oponer con ſeriedad algunas Fábulas mas que rancias, algunos Cuentos ineptos y pueriles, algunos Monumentos apócrifos y abſurdos á las reſpetables autoridades de Hiparco, Ptolomeo, Plinio, Séneca y Josefo?

¿ Habrá todavia entendimientos tan poco perspicaces ó sínceros, que los vanos Sueños de un Telliamed, las apócrifas Rapſodias de un Veroſo, de un Maneton, de un Sanchoniaton peſen en ellos tanto como las sabias y profundas Inveſtigaciones de los Ptolomeos, Riciolis, Wolfios, Newtones, Leibnitzes y Lalandes cuyos reſultados concuerdan todos con la antigüedad que da á la Tierra y al Género humano la Sagrada Eſcritura? ¡ O Razon humana, quan digna eres de láſtima en algunos Celebros en que para darte guſto es neceſario preſentarte siempre el abſurdo Delirio en vez de la Verdad auguſta! (*Met.* 588 y 624.)

SECCION TERCERA.

LOS TRES REYNOS DE LA TIERRA.

Habiendo ya exâminado la Conſtitucion y Antigüedad de la Tierra, vamos á recorrer y exâminar aora el intereſante expectáculo de ſus tres Reynos.

Se entienden por *Reyno animal* todas las ſuſtancias organizadas que tienen un principio de vida y ſentimiento; por *Reyno vegetal* todas las ſuſtancias que tienen una organizacion, un crecimiento, una pérdida, y una eſpecie de vida, pero sin principio alguno de ſentimiento; y en fin por *Reyno Mineral* todas las ſuſtancias que se forman en lo interior de la Tierra y no tienen organizacion alguna; como son los metales, las piedras, y ciertas ſales.

ARTICULO PRIMERO.

IDEA GENERAL DEL REYNO ANIMAL.

511. Descripcion. *El Animal* es una fuſtancia organizada que tiene un principio intrínſeco de vida, de ſentimiento y de movimiento; y que por el atractivo del placer, y el ſentimiento de la necesidad es ſolicitado á procurarſe lo que conviene á su conſervacion y propagacion.

I.° El Animal se parece al Vegetal por la organizacion, el crecimiento y la pérdida. Un artificio admirable de fibras mas ó menos sólidas, mas ó ménos eláſticas, mas ó ménos durables, mas ó ménos compueſtas, suminiſtra y prepara á uno y á otro por medio de infinitos canales y moldes interiores las ſuſtancias nutritivas que deben cauſar su deſembolvimiento y conſervacion por todo el diſcurſo mas ó ménos largo de su duracion.

II.° El Animal se diſtingue eſencialmente del Vegetal por el *Sentimiento* que se halla siempre en el primero, y jamas en el ſegundo. Eſte Sentimiento mas ó ménos vivo, mas ó ménos perfecto en las varias eſpecies é individuos se manifieſta en el Animal por movimientos espontaneos no ſujetos á las leyes de la Mecánica, que dan á conocer en la Suſtancia viviente y animada que los executa, un Principio eſencialmente diſtinto de la materia y de ſus modificaciones, un Principio capaz de dolor y de placer, el qual jamas se deſcubre en el Vegetal. (*Met.* 804, 807, y 809.)

III.° El Animal y el Vegetal se diſtinguen del Mineral por su organizacion y formacion.

Así el Animal como el Vegetal crecen por *Intussuncion*: es decir por medio de ciertas ſuſtancias que filtrándoſe y modificándoſe en lo interior de ſus moldes y órganos conſervan, eſtienden, deſenvuelven y perfeccionan las partes interiores del todo, y se transforman en ſuſtancias análogas á las que le componen.

El Mineral por el contrario, crece por *Juxta-posicion*: es decir porque se le pegan ciertas fuſtancias que llevadas por los flúidos, y ſolicitadas por su afinidad se disponen y colocan por capas unas sobre otras sin introducirſe ni transformarſe en lo interior del todo que forman.

Por exemplo, plantando una *Rama de Sauce* se hace un árbol que chupa por medio de infinitos canales los jugos de la Tierra que elaborados en lo interior de su ſubſtancia, de ſus tipos y de ſus moldes se transforman unas en su corteza, otras en su tronco, eſtas en ſus raices, y aquellas en ſus ojas.

Pero una *Mina de hierro ó de plata* no se forma por medio del mismo mecaniſmo. Las ſubſtancias que sirven para formarla ó aumentarla se unen, aplican y adhieren á las capas preexîſtentes del Mineral, sin filtrarſe ni desnaturalizarſe en lo interior del todo que forman ó que aumentan.

512. Nota. El Animal es un género que se divide en muchas especies diferentes. (*Met.* 108 y 121.)

I.° Llámanſe *Animales de la misma especie* aquellos en quienes la union del macho y la hembra produce un animal ſemejante, capaz de reproducirſe del mismo modo.

II.° Llámanse *Animales de distinta especie*, aquellos en quienes la union del macho y de la hembra ó es imposible, ó no produce nada, ó produce un animal mixto que se llama *Mestizo*, que se parece en parte al padre, y en parte á la madre, y que unidos á su ſemejante no se reproduce jamas.

Eſta es la idea que nos dan de la identidad y diversidad de las Especies los mas Sabios Naturaliſtas; tales entre otros el célebre Buffon. Todos los perros ſon de una misma especie, aunque divididos en diferentes caſtas. El Burro y el Cavallo ſon dos especies diferentes. (*Met.* 122.)

513. Division. La principal division del Reyno animal, la division autorizada por todos los Pueblos y todos los Siglos es en *dos Especies esencialmente diferentes: la una racional, y la otra irracional.*

La primera tiene por dotes el *Sentimiento que la afecta*, y la *Razon que la ilumina*: la segunda solo tiene por dote un *ciego Sentimiento* del placer, ó de la necesidad del bien ó del mal físico. Aquella es perfectible en sus sentimientos, en sus pensamientos y en todos sus conocimientos especulativos y prácticos: esta solo es perfectible en sus movimientos á quienes preside un ciego instinto, y jamas chispa alguna de razon. (*Met.* 714 y 808.)

En los tres párrafos siguientes tratarémos de la Especie racional, de la Especie irracional, y de la Reproduccion de una y otra.

PARRAFO PRIMERO.

LA ESPECIE RACIONAL.

514. Asercion. *La Especie racional no es susceptible de subdivision alguna fundamental, pues no hay sobre la Tierra mas que una misma y única Especie de hombres.*

Explicacion. Todos los Habitantes del Globo terrestre de Mediodia á Norte, y de Occidente á Oriente tienen los mismos constitutivos esenciales, y los mismos caracteres distintivos, á saber la misma armazon de huesos, fibras, nervios y carnes; el mismo órden, la misma colocacion, y el mismo destino de todas las partes fundamentales de este admirable edificio: las mismas funciones, la misma construccion y conformacion en los órganos destinados á hacer percibir los objetos sensibles; el mismo modo y progresion en la formacion, nutricion, crecimiento y pérdida del Individuo; los mismos medios de conservar, reproducir y multiplicar su especie, y en fin el mismo número de facultades intelectuales destinadas á ilustrarle acerca de lo presente, lo pasado y lo futuro, acerca de los objetos sensibles é insensibles, y acerca del bien así físico como moral.

La *Organizacion animal* de la que depende en gran par-

parte la accion y exercicio de las facultades intelectuales y sensibles del hombre es á la verdad mas perfecta en unos que en otros, por exemplo en general en los Europeos que en los Africanos, en ciertos Individuos que en ciertos otros, segun la diversidad de los climas que habitan, del aire que respiran, de los alimentos de que se nutren, del género de vida que tienen, y de la educacion que reciben. Pero el fondo de la Organizacion es siempre el mismo, y solo se distingue en unos individuos respecto de otros en un poco mas ó menos delicadeza ó fuerza, flexîbilidad ó rigidez, movilidad ó torpeza en los varios órganos que la forman y constituyen.

Todos los Hombres, así Negros como Blancos, así Cultos como Salvages, son perfectibles no solamente en quanto al exercicio físico y mecánico de sus órganos, sino tambien en quanto á sus ideas, pensamientos, sentimientos y costumbres; y esto es lo que constituye en ellos la *Perfectibilidad intelectual* que es la propiedad que les distingue esencialmente de todas las especies vivientes. Es cierto que esta Perfectibilidad no es igual en todas las Naciones, ni en todos los Individuos, pero en todos la hay, en todos se muestra y da á conocer hasta un cierto punto, así en materia de conocimiento como de sentimientos; lo que no sucede en ninguna otra Especie viviente y animal. (*Met.* 713, y 814.)

Aora bien, una misma Constitucion, una misma Organizacion, una misma Intelectividad, un mismo Destino del Todo y de todas sus partes en todas las *Razas humanas* demuestran evidentemente que todas ellas son de una misma naturaleza, de una misma especie. Luego no hay mas que una misma y única especie de hombres. Luego la especie humana no es susceptible de subdivision alguna fundamental en quanto á la naturaleza. (L. Q. P.D.)

515. Nota. Aunque la Especie humana sea única en quanto á sus Constitutivos esenciales, está dividida en muchas *Razas accidentalmente diferentes*, de las que las principales son la Raza Blanca, y la Raza Negra.

¿Pero qual puede ser la *Causa primitiva* de esta diversidad de Razas en la Especie humana? Se puede asegurar con toda la certidumbre de que esta materia es susceptible, que las *diferencias de los Pueblos*, á saber la diferencia de complexîon general y dominante, la diferencia del color, de la talla y de los rasgos, la diferiencia de prococidad en el crecimiento y la pérdida, la diferiencia de humores, inclinaciones, gústos, sentimientos y juicios dependen únicamente del clima, del alimento, de la educacion, y de las enfermedades propias de cada pais ó nacion.

I.° Los mayores Físicos, los mas célebres Médicos, y mas hábiles Naturalistas así antigüos como modernos han observado siempre y reconocido que *la influencia del Clima* sobre los hombres hace su Constitucion mas ó ménos robusta y vigorosa, su Organizacion mas ó ménos grosera ó delicada, y lo Físico de sus pasiones y costumbres casi siempre análogo á la naturaleza del aire y del suelo en que nacen.

II.° ¿Pues si á la diversidad del Clima se junta la diversidad de alimentos, de género de vida, de enfermedades desacostumbradas y violentas, que de siglo en siglo parece que se dexan ver sobre la Tierra para destruir Naciones enteras, y que no desaparecen hasta despues de haber desnaturalizado las infelices víctimas que escapan de sus estragos, y de haberlas impreso indeleblemente vicios transmisibles de Padres á hijos, á quien sorprehenderán las diferiencias que se ven entre dos pueblos que descienden de una misma raza, y han tenido un padre comun?

¿No vemos todos los dias entre nosotros Razas de gotosos, de cojos, tísicos, epilépticos y escrofulosos? Y por desgracia no ha sido necesaria una larga serie de generaciones para formar semejantes razas. ¿Si estas Razas así caracterizadas estuvieran separadas de las demas, y habitasen cada una en una Isla separada, no se les figuraria á algunos Viageros por lo comun poco filósofos, mas amantes de lo maravilloso que de lo verdadero, y mas deseosos de sorprender que de ilustrar, que eran otras tan-

tas especies ó razas diferentes desde su mismo orígen?

III.° La mas patente diferiencia que se obſerva en la Especie humana es la del color negro y blanco, y ya hemos hecho ver en otra parte que eſta diferiencia no indica que los Negros y Blancos tengan un orígen primitivamente diferente; sino que unos y otros pueden provenir de un mismo padre y una misma madre comunes á entrambas razas, como nos lo enſeña la Hiſtoria Sagrada (*Met.* 848.).

EL CUERPO HUMANO.

516. Observacion. El Hombre es el Rey de la Naturaleza, y la Obra maeſtra del Criador. En el quinto Tratado de nueſtra Metafísica obſervamos y analizamos *el Principio espiritual* que le anima y le dirije, las Facultades intelectuales que le caracterizan y las Funciones de conocimiento, ſentimiento y movimiento que dependen de él.

Nos ceñirémos pues aquí á echar una ojeada rápida pero atenta ſobre el *mecanismo del Cuerpo humano* (*); mecanismo á la verdad inefable, pues en él se halla la delicadeza unida á la fuerza, la ligereza á la ſolidez, y la multitud de partes á la ſencillez del Todo: y en él cada parte hace el oficio de motor y de móvil, y cada reſorte comunicando su accion al reſorte que le mueve conspira con él á mover otros reſortes, que vienen á ſer por su parte reſortes motores relativamente á él. (*Met.* 608.)

I.° Los *Huesos*, eſtos pilares ſólidos de toda la armazon del Cuerpo humano ſon como otras tantas palancas ó ruedas enexadas, que ſoſteniendo todo el peso de la máquina animal se mueven con la mayor facilidad en todas las direcciones que exîgen ſus necesidades.

5*

(*) Lo mas de lo que vamos á decir del Cuerpo humano se puede aplicar á los Cuerpos de los Brutos, en especial á los de los Quadrúpedos.

II.° Los *Músculos* diſtribuidos en las varias partes del cuerpo humano, y pegados á los hueſos ſon como las cuerdas que deben poner en movimiento eſtas palancas y ruedas: ſon fibras diſtribuidas en haces ó mazos capaces de extenderse y encogerse, de acercar las partes diſtantes encogiéndose, y alexar las cercanas extendiéndose.

Tienen los Músculos una fuerza increíble. Segun el cálculo del famoso Borelly en su Obra ſobre los movimientos de los animales, quando un hombre que pese 150 libras ſalta dos pies en alto, ſus Músculos obran con una fuerza que equivale á un peso de 300,000 libras, y el Corazon que todo es músculo arroja la ſangre á cada latido con una fuerza igual á la presion de un peso de 100,000 libras. No pretendemos noſotros que ſean enteramente ciertos y juſtos eſtos cálculos, pero siempre queda sin diſputa, que la fuerza de los Músculos es como inmensa respecto de su masa.

III.° Los *Nervios* ſon cordones blanquecinos y cilíndricos, que tienen en el medio un conducto deſtinado á recibir los Espíritus vitales. (*Met.* 793.)

Se cuentan haſta *quarenta pares* de Nervios, de los quales diez nacen de la medula oblongada del celebro; y treinta de la medula espinal. De los Nervios unos eſtan sujetos al imperio de la voluntad, y ſon los que executan nueſtros movimientos libres: otros no dependen de la voluntad, y ſon los que producen nueſtros movimientos neceſarios, como ſon el movimiento del corazon, del pulmon y del eſtómago.

IV.° El *Celebro* que eſtá situado en la cabeza, es una masa glandulosa desigualmente redondeada, de una conſiſtencia baſtante blanda, dividida como en dos quartos de esfera pueſtos ſobre un mismo plano, y que tiene un número prodigioso de ramificaciones arteriales y venosas que se diſtribuyen hácia todos lados haciendo varios giros ó circunvoluciones admirables.

El Celebro es la Sede y trono del alma, y el gran Laboratorio de los espíritus vitales, los quales se forman ó perfeccionan en él, y mediante una infinidad de ca-

nales imprimen el movimiento al cuerpo, y comunican el ſentimiento al alma. (*Met.* 793 y 794)

V.° El *Pecho* es eſta porcion del cuerpo humano que se extiende desde la parte inferior del cuello haſta el diafragma colocado mas abaxo del eſtómago. Contiene el corazon, los pulmones, el orígen de las arterias, el término de las venas, el esóphago, y la traquea-arteria. Por la parte exterior eſtá defendido por las coſtillas y vértebras de la espalda, y por la interior eſtá cubierto de una membrana que se llama la *Pleura*, la qual le divide en dos cavidades de las que cada una contiene un pulmon.

VI.° El Corazon que es la Entraña mas noble y mas preciosa, por la que empieza y en la que acaba la accion y movimiento de todas las partes del cuerpo es un doble músculo hueco, conſtruido en figura de un cono inverso y un poco aplanado, capaz de dilatarse y encogerse, situado en la cavidad del pecho debaxo con corta diferiencia de la tetilla izquierda, dividido por el medio de alto abaxo en *dos Ventrículos*, de los que el uno cae á la derecha, y el otro á la izquierda ſuspendido y ſoſtenido por quatro gruesos vasos que reciben y reparten la ſangre. (*Fig.* 91.)

Los vaſos por medio de los que el corazon arroja y diſtribuye la ſangre á las varias partes del cuerpo se llaman *Arterias*, y aquellos por los que recibe la ſangre que vuelve á él de las partes se llaman *Venas.* Cada Ventrículo del corazon tiene dos vaſos, el uno arterial, y el otro venoſo.

El Ventrículo derecho tiene por vaſo venoſo la *Vena cava* E F, por medio de la qual recibe la ſangre que vuelve á él de todas las partes del cuerpo, y por vaſo arterial la *Arteria pulmonar* G, por la que lleva la ſangre de las venas á la region del pulmon.

El Ventrículo izquierdo tiene por vaſo venoſo la *Vena pulmonar* H que trae la ſangre desde los pulmones á eſte ventrículo, y por vaſo arterial la *Arteria aorta* I, que dividida en Aorta ascendente y descendente lleva y dis-

tribuye la ſangre deſde eſte ventrículo á todas las partes del cuerpo.

El Corazon tiene dos movimientos principales, el uno de *Diástole* ó de dilatacion, y el otro de *Sístole* ó de contraccion, de cuya cauſa prescindimos por aora.

Mediante la *Contraccion* arroja el Corazon la ſangre desde el ventrículo derecho á los pulmones, y desde el ventrículo izquierdo á todo el cuerpo. Mediante la *Dilatacion* recibe el corazon la ſangre de las venas en su ventrículo derecho, y la de los pulmones en su ventrículo izquierdo.

Por medio de eſte admirable mecanismo se executa la *Circulacion de la sangre*, ó su tránsito ſucesivo y continuo del corazon á todas las partes del cuerpo, y de eſtas al corazon; eſte movimiento circular apenas se habia ſospechado que le tuvieſe la ſangre antes del Siglo paſado, ni era bien conocido haſta que á mediados de él le expuſo y demoſtró en fin el célebre Harvéo en Inglaterra.

Las venas y arterias del Corazon tienen ciertas *Películas flotantes á modo de compuertecillas*, deſtinadas á facilitar eſta circulacion. Quando el Corazon se contrae ó encoge, las Compuertecillas ó Válbulas *m m* colocadas á la parte ſuperior de las dos arterias se abren, dexan ſalir la ſangre, y se vuelven á cerrar en el inſtante en que empieza la dilatacion para impedir á la ſangre que vuelva por el miſmo camino á los dos ventrículos. Quando se dilata el Corazon las Válbulas *n n* pueſtas á la extremidad interior de las dos venas se abren, dexan entrar la ſangre en los dos ventrículos, y se vuelven á cerrar en el momento en que empieza la contraccion para impedir á la ſangre que ſalga de los dos ventrículos por el miſmo camino por donde ha venido.

Eſte *doble Movimiento del Corazon* es mas freqüente en la infancia que en las demas edades. En el hombre que eſtá ſano se contrae y dilata el corazon como unas ſetenta veces por minuto. Eſtas pulsaciones del corazon que ſe denotan por los latidos del pulſo que provienen de la contraccion, se hacen mas á menudo en la infan-

cia, y un poco ménos en la vejez, y varian ademas segun el estado de sanidad ó enfermedad que tiene el sugeto.

VII.° El *Pulmon* es una doble víscera de un volúmen bastante considerable, y muy liviana, capaz de contraerse y ensancharse segun fuere necesario, situada en las dos cavidades del pecho, y destinada á renovar continuamente la masa de ayre que por medio de su resorte debe poner en movimiento la sangre y los humores. El ayre entra y sale en los pulmones por medio de la Traquea-arteria.

Al nacimiento de la Lengua empiezan dos canales situados uno sobre otro. El canal superior es el *Esófago* que recibe los alimentos sólidos y líquidos, y los conduce al estómago; el inferior es la *Traquea-arteria*, conducto cartilaginoso que tiene su orígen en la cámara posterior de la boca, y que recibe el ayre exterior sea por la boca, sea por las narices.

La entrada ó abertura de este canal se llama *Glotis*; á esta la sirve de cubierta una lengüeta cartilaginosa que se llama *Epiglotis*, la qual hace el oficio de puente levadizo; alzandose para dexar pasar el ayre, y baxándose para impedir el paso á los alimentos sólidos ó líquidos. (*Fig.* 106.)

La Traquea desde la Glotis *k* hasta el Pulmon está cubierta de muchísimas películas colocadas casi paralelamente unas sobre otras, y sostenidas por otros tantos ligamentitos circulares que hay en el intervalo que media entre sus varios segmentos. La mas pequeña porcion de comida, la menor gota de agua que se llegue á introducir en este canal puramente aereo basta para causar en nosotros una tos convulsiva.

Divídese la Traquea desde que entra en el pecho en dos troncos principales G *g*, H *h*, de los que el uno tira á la izquierda, y otro á la derecha, y que dividiéndose y subdividiéndose despues cada uno en infinitas ramificaciones forman la mayor parte de la masa pulmonar.

El ayre que respiramos, y que la *Inspiracion* y *Espiracion* alternativas renuevan continuamente en estos canales aereos, imprime sucesivamente su resorte y accion

á la mafa de la fangre, la qual pafa continuamente desde el Ventrículo derecho del corazon á los pulmones; vuelve de eftos al ventrículo izquierdo, y de él va á las arterias y á todo el cuerpo. (684.)

VIII.° El *Estómago* es una vífcera cóncava deftinada á recibir los alimentos, situada en la parte fuperior del vientre inferior entre el hígado y el bazo. Eftá feparado del pecho por el *Diafragma* que es un músculo muy largo y de la figura de una bóveda irregular.

El Eftómago baftante femejante en su figura al fole de una gayta Gallega tiene dos orificios, el uno fuperior adonde llega la extremidad del Esófago ó del canal de los alimentos, y el otro inferior que se llama *Píloro* el qual junta el eftómago con el canal inteftinal.

Efta vífcera eftá compuefta de quatro túnicas, que fon la externa, la vafculofa, la mufculofa, y la interna. Solo hablarémos aqui de las dos últimas que merecen alguna particular atencion. La *Musculosa* se forma de dos planos de fibras carnofas que tienen un reforte muy grande. La interna es una especie de felpa bañada siempre de un mucílago espefo que se llama *Suco gástrico.*

Efta tiene baftante fensibilidad, y es la Sede del *Hambre* y de la *Sed* que parece que se excitan por la fecura y fricion de su parte interior.

IX.° Los *Intestinos* ó *Tripas* en número de feis forman un canal que hace en el vientre inferior una multitud de giros y circunvoluciones en que los alimentos fuben y baxan alternativamente, y cuya longitud total desde la abertura interior del Píloro en donde empieza hafta la abertura exterior en que termina, es igual al féxtuplo ó féptuplo de la altura del fugeto.

Los Inteftinos eftan rodeados de una membrana grasienta llamada *Mesenterio* ó Entresijo que sirve de atadura á fus giros y revueltas, y que les detiene y fixa en su lugar y situacion conveniente.

X.° Los *Vasos* fon canales ó conductos que contienen algun líquido ó flúido.

Los principales fon los *Vasos sanguineos* en los que cir-

circula la ſangre; los *linfáticos* que llevan la linfa y ſeroſidad al receptáculo del chîlo; los *lacteos* que chupan el chîlo y le llevan á la vena yugular ó ſubclavea; los *aereos* que conſervan la comunicacion con el ayre exterior y los vaſos del ſuco nerveo, ó los conductos cilíndricos de los nervios, por donde circulan los espíritus animales.

Todos ó casi todos eſtos vaſos tienen ſus *Anastómaſis particulares* ó ſus Válbulas que abriéndoſe y cerrándoſe á tiempo hacen en eſtos vaſos lo que las Compuertas ó Sopapos en las máquinas hidráulicas. Eſtas válbulas ſon unas membranas deſtinadas á proporcionar ó impedir la comunicacion entre dos vaſos.

LA DIGESTION Y NUTRICION.

517. Observacion. Las pérdidas considerables de ſubſtancia que padece continuamente el Cuerpo humano por las varias ſecreciones, y particularmente por la inſensible transpiracion, le agotarian y deſtruirian infaliblemente sino las reparaſe por medio de la nutricion, reemplazando sin ceſar las partes que se disipan. ¡Que fenómeno mas digno de nueſtra atencion que el que transforma continuamente nueſtros alimentos en nueſtra propia ſubſtancia!

I.° Los *Alimentos* maſticados y humedecidos en la boca baxan por el Esófago al eſtómago, en donde la accion de eſte ventrículo aplicada continuamente á apretarlos, á agitarlos y á atenuarlos los convierte ſucesivamente y poco á poco en una especie de puches que no ſon todavia chîlo.

Los antigüos Filóſofos atribuian al Eſtómago una *Facultad concoctriz* que como qualidad oculta han despreciado y deſterrado ſabiamente los Modernos. Eſtos no ven en el Eſtómago é Inteſtinos mas que una Cauſa mecánica propia para executar la digeſtion, ó por *fermentacion*, ó por *putrefaccion*, ó por *trituracion*, ó por *disolucion*. Es verosímil que todos eſtos quatro medios

concurran mas ó menos á la *Digestion* que no es otra cosa que la mutacion de los alimentos en chîlo y excrementos.

Aunque no se hayan descubierto en el Estómago ningunos sucos propios para causar en los alimentos una efervescencia semejante á la que se percibe en la mezcla de un áccido, y un alkali, es verosímil que la maceracion y el calor de los alimentos en el estómago causan en ellos un pequeño movimiento tumultuoso hácia todas partes, que se asemeje bastante á la *Fermentacion.* La putrefaccion total lexos de facilitar la digestion, la perjudica: Pero una putrefaccion solo empezada puede serla favorable y acelerarla.

Aunque no se percibe en el Estómago ningun mecanismo propio para majar y triturar los alimentos, no obstante el movimiento continuo de esta víscera puede y debe contribuir á dividir y atenuar los alimentos sólidos mediante la presion y frotacion de unas partes contra otras. No se puede dudar que los líquidos continuamente filtrados en el estómago é intestinos, como lo son la saliva, los sucos gástricos y la bilis tengan una *accion disolvente* sobre los alimentos. La disolucion sola no seria bastante para executar la digestion, pero contribuye á ella ayudándola y facilitándola.

II.° Los *Alimentos* son llevados succesivamente mediante la presion del Estómago desde esta víscera á los intestinos baxo de la forma de puches, y el canal intestinal por medio del mismo mecanismo que hemos observado en el estómago acaba de dividirlos, atenuarlos, y de separar los sucos nutricios de las sustancias inútiles á la nutricion.

Al paso que los sucos nutricios separándose de las partes mas groseras de los alimentos toman la forma de licor lácteo, muchísimas *Venas lácteas* se aplican á varias embocaduras de los intestinos para chupar este suco lacteo que se llama *Chîlo.*

Al mismo paso las *Glándulas de los Intestinos* humedecen continuamente los restos groseros de los alimen-

tos, poniéndolos así en estado de poder continuar siempre su curso, hasta que chupado ya todo el chîlo son conducidos á la extremidad de los Intestinos para ser depuestos.

III.° En fuerza de la contraccion de los Intestinos es conducido el chîlo á los vasos lacteos que tienen hácia su embocadura intestinal ciertas válbulas ó sopapos que sirven de impedir que el chîlo que ha entrado en ellos, se vuelva á salir, y que llevan este chîlo á tres cavidades llamadas *Receptáculo del chîlo* ó Reservatorio de Pequet.

En este receptáculo terminan los *Vasos linfáticos* que deponen tambien en él una Linfa que se mezcla con el Chîlo y le sirve de vehículo. La linfa y el chîlo así unidos, y convertidos en un mismo todo suben por el Canal torácico á lo largo de la espina de la espalda, y van á entrar en la Vena subclavea que provista de un sopapo recibe el chîlo, y no dexa salir la sangre.

El Chîlo introducido en la Vena subclavea se mezcla sucesiva y continuamente con la sangre, corre por la misma vena, va á la vena caba, pasa al ventrículo derecho del corazon, vuelve á salir por el ventrículo izquierdo, y se distribuye por todo el cuerpo para servirle de nutrimento.

IV.° El *Residuo de los alimentos* compuesto de partes groseras y pegajosas, de una porcion de bilis degenerada y hecha fétida por la putrefaccion, y de una porcion de mucílago ó humor glutinoso, es impelido despues que se la ha extraido el chîlo hácia los intestinos mas anchos para ser despues expelido, ya sea en fuerza de su propio peso, ya sea en fuerza de la accion del ayre dilatado; ó ya en fin mediante otra qualquiera causa.

V.° Por lo dicho hasta aqui se comprehende de que modo se hace la *Nutricion*, que consiste en la reparacion de los Líquidos y Solidos. Las partes duras y sólidas del Cuerpo humano son como un sexto de las partes líquidas. Y así debe ser incomparablemente me-

nor la pérdida de los sólidos que la de los líquidos, tanto á causa de la mayor adherencia, como del menor número de las partes sólidas.

El Chîlo mezclado con la sangre repara la *pérdida de los Líquidos* causada por la transpiracion y filtracion, volviendo á la sangre otra tanta quantidad del líquido como ha perdido. Repara tambien la *pérdida de los Sólidos*, llevando entre sus partes líquidas muchísimas partículas capaces de endurecerse y adquirir consistencia en los huesos, ternillas, y demas partes sólidas que las enganchan y detienen al tiempo de pasar por entre sus sustancias análogas. De aqui la nutricion y crecimiento de estas partes sólidas del Cuerpo humano.

PARRAFO SEGUNDO.

LA ESPECIE IRRACIONAL.

518. Observacion. Toda la Naturaleza está poblada de seres vivientes y animados. ¡Que innumerable conjunto de especies, que pasmosa multitud de individuos no nos presentan los ayres, los llanos, los bosques, los rios, los mares, y hasta las mismas entrañas de la Tierra! Acaso comprehende ménos individuos la especie racional, que especies subalternas la irracional; y aun hay especie subalterna irracional que comprehende tantas especies inferiores, que parece que no tienen fin. Por inmensa que sea la variedad de especies de Plantas que se han observado sobre toda la superficie del Globo terrestre, es de parecer un Naturalista moderno que no iguala á la multitud de especies que comprehende la sola clase de los Insectos.

Desde la invencion de los microscopios se ha presentado á los ojos de los Filósofos un nuevo mundo de seres vivientes y animados. Una sola gota de agua casi imperceptible á la vista, les presenta hoy mas especies

diferentes de animales que les podian presentar en otro tiempo los Vivares y Parques de los mayores Potentados. (36)

¿ Como se podrán reducir á una division exâcta y fiel tantas clases tan diferentes, tantas especies tan multiplicadas de animales? Las divisiones que se pueden hacer del Reyno animal solo pueden ser divisiones genéricas, cada una de las quales comprehenda necesariamente un gran número de géneros y especies subalternos que admitirán todavia otras divisiones y subdivisiones. Propondrémos algunas de estas *Divisiones genéricas*, y serán aquellas que nos parezcan mas propias para dar alguna claridad á esta inconcevible multitud de objetos tan variados, tan inconexôs, y tan dificiles de presentar baxo de aspectos distintivos y característicos.

VARIAS DIVISIONES DEL REYNO ANIMAL.

519. Division I. La Division mas genérica del Reyno animal es en Animales Vivíparos, y Animales Ovíparos.

Llámanse *Vivíparos* aquellos animales cuyos hijos nacen ya enteramente formados del vientre de la madre. Llámanse *Ovíparos* aquellos cuyos hijos provienen de un huevo á quien el calor de la incubacion, el del Sol, ó qualquiera otro sea natural, sea artificial hace empollar.

Todos los Animales sin excepcion alguna deben su ser á una Madre que se le ha dado de uno de estos dos modos. Los Gusanos é Insectos no nacen de la putrefaccion de ciertas sustancias, sino á causa de que en estas sustancias han sido depuestos algunos *Huevos de su especie* á quienes hace empollar el calor de la fermentacion.

520. Division II. Conforme á otra Division un poco ménos genérica y ménos confusa, pero tambien ménos exâcta y ménos conforme á las reglas de la Dialéctica (*)

(*) Nota. El principal vicio de esta *Division del Reyno animal* es que algunos de sus miembros se comprehenden en parte en los otros, lo que es

se dividen los Animales en quadrúpedos, aves, peces, anfibios, reptiles, insectos, animales microscópicos, y aun acaso en Zoóphitos.

I.° Los *Quadrúpedos* habitantes de la Tierra andan sobre quatro pies, tienen circulacion de la sangre, respiran por los pulmones, y dan de mamar á sus hijos.

Este género ó clase de animales es el que en su organizacion se parece mas al hombre; y en los grados de semejanza ocupa entre ellos el primer lugar el Mono, á lo ménos en quanto á su figura exterior.

II.° Las *Aves* habitantes alternativamente de la Tierra y del Aire son animales de dos pies, ovíparos, sanguíneos, y cubiertos de plumas; sus pies les sirven para andar sobre la Tierra como el hombre, y sus alas para elevarse y sostenerse en el Aire, ó como baxeles de remos y velas, ó como peces de este elemento.

La mayor parte de las Aves muda de Clima segun la diversidad de las Estaciones. Pasando sucesivamente del Mediodia al Norte, y del Norte al Mediodia se procuran una especie de Primavera perpetua. Las Aves son ó *Frugívoras*, ó *Carnívoras*: y quando les falta el alimento en un Clima le van á buscar á otro; y de este modo las especies carnívoras purgan sucesivamente la superficie de la Tierra, asi de los insectos que la desolarian á causa de su prodigiosa multiplicacion, como de los cadáveres de toda especie esparcidos en ella, que la inficionarian por su putrefaccion.

III.° Los *Peces* habitantes del agua son Animales cuya constitucion y organizacion les obliga á vivir continuamente en este líquido sin poderle abandonar, pues de lo contrario mueren.

---

es contra las reglas ó leyes de la Division que nos da la Dialéctica. (*Met.* 422.)

Por exemplo: el Castor pertenece á un mismo tiempo á la clase de los quadrúpedos y á la de los anfibios: y así estos dos miembros de la division se comprehenden en parte el uno en el otro; igualmente la clase de los reptiles se incluye en parte en la de los insectos, y esta en aquella; lo que sucede tambien con algunas otras.

Los Peces así como los Quadrúpedos y Aves tienen ſangre que circula desde el corazon por todo el cuerpo, una piel escamosa ó unida que les sirve de cubierta, y eſtómago é inteſtinos para la digeſtion y nutricion. No tienen pies pero tienen aletas que les sirven de lo que las alas á las aves: tienen tambien una *ancha Vegiga* mas ó menos llena de aire, que dilatada ó comprimida ſegun les conviene por la accion de ſus músculos aumenta y diſminuye alternativamente su volúmen, haciéndoles de eſte modo ya mas leves, ya mas peſados que el volúmen de agua á que correſponden ſegun que necesitan ſubir ó baxar en su elemento. Suerven casi continuamente el agua por la boca, y eſto les sirve de *Inspiracion*, y la arrojan por los oidos, lo que les sirve de *Expiracion*, pues mediante eſte tránsito del agua recibe su ſangre el aire que necesita. Todos los Peces conocidos ſon ovíparos, á excepcion de la Anguila y algunas especies de Ballenas que ſon vivíparas.

La *Division* mas general de los *Peces* es en Peces de mar, y Peces de agua dulce, aunque hay algunos como el Salmon que viven indiferentemente en agua ſalada ó en agua dulce. En general los peces viven mas que los quadrúpedos y aves.

Los *Peces ovíparos* ſon prodigioſamente fecundos. Se han hallado en una Merluza de mediano grandor mas de nueve millones de huevos.

IV.° Los *Anfibios* habitantes alternativamente de la tierra y del agua forman como una especie media entre los peces y los animales terreſtres quadrúpedos y volátiles. De eſta especie ſon sin contar otros muchos el Caſtor, el Hipopótamo, el Cocodrilo, el Becerro marido, la Tortuga aqüática, la Rana y la Culebra de agua, á quienes se ve paſar alternativamente del agua á la tierra, y de la tierra al agua. De los Anfibios unos ſon vivíparos, y otros ſon ovíparos.

V.° Los *Reptiles* ſon ó animales que carecen de pies y de aletas, y asi ni pueden caminar ſobre la tierra, ni nadar en el agua sino mediante los giros tortuoſos de

que es fusceptible su cuerpo, como fon las lombrices, las ferpientes, las víboras y las anguilas: ó animales que teniendo los pies muy cortos se mueven arraftrándofe como las Orugas, los Lagartos, los Topos, los Topo-grillos, las Ranas, los Sapos, las Tortugas, y otros varios. Efta clafe se comprehende en parte en la de los Infectos y Anfibios.

VI.° Los *Insectos* fon animalejos raftreros ó volantes, compueftos por lo comun de anillos ó fegmentos que parece que los dividen en muchos trozos y que eftán unidos unos á otros por medio de filamentos mas ó ménos eláfticos.

Los Infectos no tienen, á lo ménos los mas de ellos ni huefos como los quadrúpedos, ni espinas como los peces. Algunos anillos ó ternillas forman la armazon de su cuerpo, en el que se percibe fácilmente una cabeza, un pecho, un vientre y quanto es necefario para el mecanifmo animal. Los delgados filamentos que forman fus intersecciones imprimen al Infecto eftendiéndofe y encogiéndofe alternativamente, ó un movimiento vermicular como á la lombriz, ó un movimiento á faltos y brincos como á la langofta, ó algun otro movimiento mas análogo al de los quadrúpedos y aves como á la hormiga y á la maripofa.

De los Infectos unos no tienen pies, otros tienen un número de ellos mas ó ménos considerable: algunos no tienen alas, y otros tienen dos y aun quatro; unos tienen eftuches, y otros no los tienen. Todas las efpecies de mofcas, gufanos, orugas, pulgones, piojos, chinches, grillos, cigarras y maripofas deben fen comprehendidas en *la clase de los Insectos*, y todos ellos fon ovíparos á excepcion de algunas efpecies de moscas y gufanos que fon vivíparos. Los Infectos fon fumamente fecundos. Hay ciertas mofcas vivíparas que paren fegun dicen, de cada vez cerca de dos mil mofquitas. Hay tambien mofcas ovíparas como la abeja, que ponen fegun se pretende, hafta quarenta mil huevos fecundados.

La *vida de los Insectos* no es muy larga. La Efíme-

mera, mosca que revoletea ó salta fobre el agua apenas vive mas de uno ó dos dias. Los mas de los infectos nacen en la Primavera ó en el Eftío, y mueren al entrar en el Invierno; muchos pafan efta Eftacion en un eftado mayor ó menor de entorpecimiento, metidos en las rendijas ó agujeros de las paredes. En el difcurfo de la corta duracion de su exîftencia unos viven juntos debaxo de la tierra, y roen la hierba; otros viven en los campos, en los prados, en los montes, y se mantienen de las ojas de las plantas; y otros se pegan á los quadrúpedos, á las aves, y á los hombres, y se nutren de la fangre y fuftancia del animal en que habitan.

Aunque á efta efpecie de animales se la tenga comunmente por dañofa, nadie ignora la utilidad de la Abeja, de la Cochinilla, del Gufano de la feda, y de otros varios infectos; y si la utilidad de la mayor parte de otras efpecies no nos es tan conocida, no es verosímil que sea menos real en el órden general de la Naturaleza.

Lo mas singular y digno de atencion que hay en la clafe de los Infectos son las *varias Metamórfosis* que padecen los infectos alados; tomemos por exemplo la Maripofa.

Nacido efte Infecto de un huevo empieza por ser *Animal rastrero*, como un gufano ó una horuga; tiene fuertes mandíbulas, un eftómago afombrofo, un número mayor ó menor de patas; hila y hace una tela con mucho arte.

Despues de un cierto número de dias feñalados por la Naturaleza efte Gufano voraz dexa de comer, se pone enfermo, se embuelve en un capullo, muda su forma, se hace *Crisálida*, es decir, pierde su eftado de gusano para tomar un eftado mas brillante en que el oro y el azul deben ser su rozagante atavío. En efte eftado de crifálida permanece enrebujado en una membrana que no le dexa libre la accion de ninguno de sus miembros, y se va deshaciendo de su piel, de sus pa-

tas, de la cubierta de su cabeza, de su cráneo, de sus mandíbulas, de su hilera, de su pasmoso estómago, y de parte de sus pulmones.

Al cabo de un cierto tiempo de letargo en que parecia muerta aunque estaba efectivamente viva nutriéndose verosimilmente de su sustancia primitiva, ha tomado la Crisálida nuevos miembros, alas para volar, una trompa para chupar la miel de las flores, y órganos para perpetuar su especie. Sale pues de su emboltorio hecha *Animal volante*, maripofa brillante y revoleteadora que nada parece que conserva de su primer estado y antiguas costumbres, y que únicamente ocupada en sus inconstantes placeres pone en infinitos parages huevos, de los que el calor de la tierra, del sol ó de la fermentacion harán salir gusanos ú horugas que vendrán á ser á su tiempo chrisálidas y mariposas.

VII.° Los Animales microscópicos son aquellos que por su prodigiosa pequeñez se sustraen á nuestra simple vista, y no se pueden percibir ni distinguir sino con el auxîlio de los Microscopios. Esta clase de seres organizados y vivientes, desconocida á los antiguos Naturalistas es acaso mas numerosa y variada que todas las demas clases juntas. Hay acaso otras tantas ó mas diferencias de animales microscópicos entre los que se ven en una sola gota de agua de charco que las que hay de peces entre la ballena y la trucha, y de quadrúpedos y reptiles entre el toro y la horuga (36).

Esta clase de animales nos interesará siempre muy poco porque su relacion con nosotros es infinitamente pequeña, y no podemos sacar de ellos utilidad alguna. Así tenemos ya acaso todos los conocimientos que podemos desear sobre este objeto; pues nos basta saber en general que el admirable Autor de la Naturaleza produce, organiza y anima continuamente con una sabiduría y un poder inconcebibles una infinidad de seres vivientes que la vista mas perspicaz no puede divisar sin el auxîlio del arte.

VIII.° Algunos Naturaliſtas célebres añaden á eſtas ſeis claſes de animales otra ſéptima enteramente diſtinta de las demas, y que quieren se componga de los que llaman *Zoóphitos ó Animales-plantas.* Eſtos pretendidos Animales son plantas aqüáticas de agua ſalada ó dulce, como el Polipo, el Coral, la Oruga de mar, y otras varias en las que creen haber deſcubierto una organizacion animal, y ſeñales de ſentimiento.

Otros Naturaliſtas juzgan por el contrario que no hay ſemejantes Animales-plantas, que el movimiento que se obſerva en eſtos pretendidos Zoóphitos ſolo proviene de la entrada y ſalida del agua en eſtas plantas singulares; que quando ſe exâminan con buena física y sin preocupacion eſtas plantas, se ve claramente que ſon puras plantas y que no tienen nada de animal; y que así no se deben admitir Zoóphitos verdaderamente tales. Eſta es la opinion que noſotros adoptamos pues es ſeguramente la mas verosímil, como lo acreditamos ſuficientemente en nueſtro Curſo completo de Metafísica á los números 1332 y 1333.

La opinion que deſechamos y que tenemos por infundada é improbable habrá debido acaſo el tal qual aplauſo con que se la ha recibido y ſoſtiene todavia á un principio verdadero en el fondo, pero que acaſo ſe habrá querido extender mas allá de ſus límites naturales: á ſaber *que la Naturaleza pasa siempre por grados descrecientes de una especie á otra, y de un reyno á otro*: Por exemplo del hombre al mono, del mono á los demas quadrúpedos, de los quadrúpedos á las aves, de las aves á los peces, de los peces á los inſectos, de los inſectos á los zoóphitos, de los zoóphitos á las plantas mas perfectamente organizadas, y de las plantas peor organizadas á los minerales que no tienen abſolutamente organizacion alguna; pues como es patente los Zoóphitos ſon muy apróposito para ſervir de punto de comunicacion ó formar en la cadena de los vivientes el eslabon que una el Reyno Animal con el Vegetal.

¿Pero que la Naturaleza grande y admirable en todas sus obras se anda siempre en eſtos reparos minuciosos? ¿El tránsito del hombre al mono, del hombre mas eſtúpido al mono mas vivo dexará de ser un ſalto muy repentino, un ſalto como infinito, en una palabra el tránsito de la razon á la negacion de razon? (*Met.* 714 y 814.)

521. Division III. El célebre Naturaliſta Adanſon divide el Reyno animal en tres claſes: á ſaber en uniſexôs, biſexôs y aſexôs.

I.° Llámanſe *Animales unisexôs* aquellos que ſon ó ſolamente machos, ó ſolamente hembras. Tales ſon los quadrúpedos, las aves, los anfibios vivíparos y las ballenas, los quales todos perpetuan su eſpecie por medio de cópula.

Los peces oviparos ſon tambien uniſexôs, pero no se propagan por medio de la cópula sino que los huevos de la hembra pueſtos en el agua en tiempo de frio ſon fecundados por las lechecillas del macho.

II.° Llámanſe *Animales bisexôs* aquellos que ſon á un miſmo tiempo machos y hembras, fecundados y fecundantes. Tales ſon los caracoles que tienen, ſegun dicen cada uno los dos ſexôs diſtintos y ſeparados, por lo qual dos individuos se fecundan recíprocamente y vienen á ſer cada uno á un miſmo tiempo padre y madre de su poſteridad.

No se conoce especie alguna de quadrúpedos que ſea biſexô. Los individuos de quienes se ha juzgado alguna vez por la apariencia que participaban de los dos ſexôs, eran mônſtruos en su eſpecie que no tenian ſexô ninguno bien formado. En la claſe de los peces se preſume que haya algunas eſpecies biſexâs.

III.° Llámanſe *Animales asexôs* aquellos que no tienen ſexô alguno, que ni ſon machos ni ſon hembras, y que reproducen su eſpecie sin fecundacion alguna: tales ſon los Bocios, especie de conchas vivíparas; tales ſon tambien algunos pulgones, varias eſpecies de guſanos é inſectos, de los que cada individuo de por sí se reprodu-

ce por sí mismo y da á luz freqüentemente en un tiempo bien corto una numerosa y devoradora posteridad.

LOS SENTIDOS DE LOS BRUTOS.

522. OBSERVACION. El Hombre tiene *cinco Sentidos* ó cinco órganos diferentes por los que recibe las varias sensaciones que le afectan. Los Brutos tienen tambien sentidos ú órganos que les ocasionan sensaciones interiores y les hacen percibir los objetos exteriores; ¿ pero el número de sentidos es igual, y su naturaleza la misma en el hombre que en el bruto?

I.° Es cierto que los Quadrúpedos y las Aves tienen el mismo número de sentidos que el Hombre. Su destino, sus funciones y su construccion general son con corta diferencia los mismos en unos que en otros. Pero la perfeccion de estos órganos en especial del olfato, es por lo comun bastante mayor en algunos brutos como en los perros, que en el hombre.

II.° Es probable que algunas especies de animales tienen menor número de sentidos que el hombre. A algunos parece que les falta el órgano del oido, y á otros el de la vista. Ciertos Insectos como la abeja y algunas otras moscas tienen en vez de dos ojos un número prodigioso de órganos de la vista de que su cabeza está cubierta como de otros tantos espejos de facetas é inmóviles.

III.° Es cierto que todas las especies de brutos tienen por lo ménos el sentido del *Tacto* y el del *Gusto.* En algunas un tacto infinitamente mas fino suple en parte á los órganos de que les puede haber privado la Naturaleza, y les proporciona la especie y número de sensaciones que convienen á su destino.

IV.° Es mas que verosimil que en los Brutos así como en el Hombre las sensaciones exteriores ó conmociones de los órganos sean la causa ocasional de las sensaciones interiores que afectan el alma y constituyen el sentimiento interno. (*Met.* 173 y 330)

Este *Sentimiento interno* de los Brutos es mas ó ménos

vivo, mas ó ménos delicado, mas ó ménos produćtivo de induſtria ſegun que tienen mayor ó menor perfeccion los órganos que le hacen nacer y los que sirven para manifeſtarle afuera; de lo que reſulta lo que hemos llamado en otra parte Inſtinto de los Brutos. (*Met.* 812.)

EFECTOS DEL INSTINTO DE LOS BRUTOS.

523. OSERVACION. Del *Instinto natural de los Brutos* analizado y explicado en los términos que lo hemos hecho en el lugar citado, parece que provienen baſtante naturalmente los principales fenómenos que nos admiran en su naturaleza, como ſon su apetito, su propagacion, su memoria, ſus obras, su educacion, su afećto y su induſtria. Pues he aqui como se pueden explicar.

I.° El eſtómago de los brutos privado de nutrimento experimenta así como el de los hombres una fricion en su túnica felpoſa y una irritacion en ſus fibras, ocasionado uno y otro principalmente por la *accion del Suco gástrico*, que no obrando ſobre los alimentos obra ſobre la misma ſubſtancia animal.

Eſta fricion, eſta ſecura y eſta irritacion de las fibras del eſtómago ocasionan en el Alma de los brutos una ſenſacion á quien se da el nombre de *Hambre ó Apetito*; y eſta ſenſacion ocasiona por su parte un movimiento de los espíritus animales que les dirige hácia los objetos capaces de hacer ceſar eſta ſenſacion moleſta, y de ſubstituirla ſenſaciones gratas.

II.° En ciertos tiempos del año los ſucos ſuperabundantes llegan á producir ciertas irritaciones en los órganos de los brutos, las quales hacen nacer en su alma como cauſas ocasionales un *Sentimiento simpático* que les inclina á reproducirſe.

Durante el reſto del año no padecen ſemejantes irritaciones, y así en eſte tiempo el Sentimiento simpático que era un efećto neceſario de ellas eſtá totalmente ſuspendido y adormecido, y no imprime á la máquina animal accion ni movimiento alguno relativo al mismo efećto.

III.° Si entrando yo en una Casa-fuerte con un palo en la mano, y saliendo á mí un Dogo furioso y con la boca abierta le espero intrépido y le doy un fuerte palo en el hocico, el Dogo huye llevando impresa así la sensacion que le hizo mi baston como la que le hizo mi figura, y de esto resulta en él la *Memoria* de estos dos objetos.

Si vuelvo al cabo de un mes á la misma casa, el Dogo así que me ve huye temblando. ¿Porque hace esto? Porque mi presencia ocasiona en él el mismo movimiento de espíritus animales que le habia ocasionado un mes antes, y este antiguo movimiento de sus espíritus estaba acompañado de una sensacion muy desagradable que le solicitaba á huir del objeto perjudicial que se la habia ocasionado.

IV.° Si quiero dar una *Educacion* particular á un Mono habituándole á tomar ciertas actitudes que no le da la Naturaleza; ¿que es lo que hago?

Tomo una Vara en la mano, pongo á este Mono en una determinada postura y le pego al instante que la dexa; vuélvole á poner en la misma postura, y continúo pegándole quando la dexa. De este modo las sensaciones desagradables que experimenta si dexa la postura en que se le manda estar, le inclinan á conservar la misma postura mientras que dura la sensacion ocasionada por la vista de la vara que le amenaza, y durante este tiempo sus espíritus animales se habitúan á circular de un modo propio para hacerle tomar y guardar la misma actitud.

Al dia siguiente á la vista de la misma vara, el Mono que teme el golpe hace exfuerzos para evitarle, y determina á sus espíritus animales á volver á tomar el mismo camino que el dia antes. Este mismo artificio y mecanismo le harán que se habitúe poco á poco y succesivamente á ponerse en infinitas posturas que deberá al arte y no á la naturaleza.

Hay en los Brutos un encadenamiento natural de sensaciones y movimientos. La sensacion de vision relativa á un objeto hace nacer la de afecto ó aversion á él, y la sensacion de afecto ó aversion á este objeto hace na-

cer los movimientos propios para bufcarle ó huir de él.

V.° ¡ Que motivos de admiracion no nos prefentan las *Obras* de muchísimas especies de animales! Las Aves conftruyen fus nidos, las Abejas fus panales, y los Castores fus habitaciones de un modo fumamente maravillofo. La fenfacion de necesidad ó de gufto eftá conexâ en los animales con ciertos movimientos de fus fibras que les determinan á bufcar ciertos objetos, colocarles de un modo determinado, y á executar todo quanto es necefario para la confervacion de fus efpecies é individuos. De aquí el amor de los mas de los animales á fus hijos á quienes crian. La vifta de eftos tiernos objetos hace nacer en ellos un fentimiento que les inclina á procurarles su fubsiftencia y armarfe poderofamente para defenderlos; y así quando cefa la vifta de eftos dulces objetos, cefa tambien con ella la fenfacion ó fentimiento de afecto.

¿ Si la Naturaleza parece inconcevible en las operaciones de los brutos, lo es acafo menos en las de los hombres en el eftado de infancia, de fueño ó de delirio en que no obra la razon y parece que folo obra el instinto? Por fer pues inconcevible una cofa no dexa de fer muy real y verdadera; y tal es la accion del Inftinto de los brutos.

VI.° El Perro y el Cavallo faltan de contento al ver volver á su Amo, moftrando en efto *un Afecto* muy patente y muy real hácia él.

La fenfacion ocasionada por la prefencia de un objeto que conftantemente les ha dado mueftras de afecto y les ha hecho bien, defpierta en fu alma una fenfacion de placer que eftá connexâ con movimientos propios para anunciar y exprefar efta fatisfaccion.

VII.° La *Industria* de los brutos, fruto de su instinto natural no es ménos digna de nueftra atencion. Por exemplo un Perro de caza sigue á una liebre porque los corpúsculos odoríferos emanados de ella hacen nacer en su alma una fenfacion de apetito que le inclina á moverfe para alcanzarla y cogerla.

Si

Si quando va siguiendo á la liebre se encuentra con un hondo precipicio, se detiene porque la vifta del precipicio hace nacer en él como en el cazador que va tras de él una fenfacion de temor y horror que le determina á ir á bufcar pafo por otra parte.

Si quando va siguiendo á la liebre le fale al encuentro un lobo puefto entre su amo y él, recurre á mil revueltas y aftucias para no caer en manos de su enemigo y volver á juntarfe con su amo, porque la fenfacion de terror de que es herido le impele á tomar todas las medidas convenientes para apartarfe del lobo á quien ve ansiofo de su pérdida, y volverfe á juntar con su amo á quien conoce eftá armado para fu defenfa.

PARRAFO TERCERO.

PROPAGACION DE LOS ANIMALES Y VEGETALES.

524. Observacion. En el género animal del mismo modo que en el vegetal todos los individuos perecen, y todas las especies fubsiften ; ¿ pero de que modo se caufa efta *perpetuidad de exîstencia* en efta perpetuidad de deftruccion? Efte es el objeto que ha picado en todos tiempos la curiosidad de los mayores Filófofos y Naturaliftas.

Darémos aqui una idea de fus *Observaciones* y *Sistemas*, no tanto para explicar clara y evidentemente efte objeto, quanto para hacer ver que efto es imposible al entendimiento humano.

Abominado y despreciado fea de todos qualquiera *Espíritu débil ó corrompido* que por un abfurdo fanatismo quiera imaginarfe tontamente alguna chîmérica indecencia en la mas interefante expeculacion de la fublime y profunda Filofofía.

525. Nota. Desde la fabia matanza que hizo Harveo de tantas Ciervas en el Parque del Rey de Ingla-

erra para penetrar el misterio de la Naturaleza en la reproduccion de los animales, la *Cierva* y el *Ciervo* han servido de exemplo general en esta materia; y así nos valdrémos del mismo exemplo.

Llámase *Feto* el animal formado ó en la cáscara del huevo, ó en el seno de la madre.

Llámase *Embrion* el empiezo, ó los primeros lineamentos del Feto.

Llámase *Matriz* el seno materno en que crece el Feto.

SISTEMA PRIMERO.

LA MEZCLA DE LOS HUMORES.

526. SISTEMA I. Los antigüos Filósofos habian sido de parecer de que la reproduccion de los Seres animados, por exemplo de los cervaticos proviene de la simple *mezcla de los humores prolíficos* de la cierva y el ciervo en el seno de la madre.

I.° Descartes que seguramente no era estéril en sistemas adoptó esta opinion y procuró explicar la formacion del embrion, el crecimiento y organizacion del feto por solas las Leyes del movimiento que él habia imaginado.

La principal razon en que se funda este primer Sistema es que el nuevo animal participa de la naturaleza, qualidades, enfermedades y deformidades así de la madre como del padre á quienes debe el ser.

II.° Aristóteles, el Oráculo de los antigüos Filósofos siguió casi el mismo sistema, pero quiso sin decir porqué, que el humor prolífico del Macho, por exemplo del Ciervo contuviese el Feto, y que el de la Cierva no hiciese mas que servirle de alimento. El Ciervo segun él producia la *forma*, y la Cierva la *materia* de este nuevo ser.

Esta opinion de Aristóteles, este *Sistema de la materia y la forma* subsistió hasta el tiempo en que empezó á renacer la Filosofía.

SISTEMA SEGUNDO; LOS HUEVOS QUE CONTIENEN EL FETO.

527. SISTEMA II. Al Siſtema de la materia y la forma ſucedió el *Sistema de los huevos* que contienen el Feto del nuevo animal enteramente formado.

En un Huevo de gallina fecundado se halla *un Gérmen bastante visible*, en el que se deſcubren los principales lineamentos del Pollo que la incubacion hace ſalir á luz. En fuerza de eſta obſervacion se tuvo por neceſario que toda especie animal así ovípara como vivípara tuvieſe huevos ſemejantes en quienes hubieſe iguales gérmenes, y con eſto se creyó haber explicado toda eſta materia quando no se habia hecho mas que aumentar las dificultades.

1.° En las Hembras de las especies ovíparas se hallan *Ovarios*, eſto es una region ó parte del cuerpo en que se forman los huevos. Se anduviéron buſcando Ovarios ſemejantes en las especies vivíparas pero no se los pudo hallar. ¿Que partido tomar para ſoſtener el Siſtema de los huevos? Por fortuna preſentó el acaſo en algunas especies vivíparas ciertas *Partes esponjosas y vesiculares* que podian tener alguna ſemejanza aunque remota con los Ovarios de las aves y de los peces; al punto eſtas partes fuéron metamorfoſeadas en Ovarios en las especies vivíparas en que se las encontró, y en las que no se pudo lograr eſto se las ſupuſo ocultas.

II.° Pero por desgracia en las especies vivíparas eſtas partes esponjoſas y vesiculares, eſtos pretendidos Ovarios eſtaban situados fuera de la region en que se forma el Feto, y era imposible que eſtos pretendidos huevos paſaſen por sí miſmos á eſta region. ¿Que hacer pues para ſalvar por ſegunda vez eſte Siſtema de una ruina evidente? Se imagináron canales ó *Tubas* móviles que fueſen á agarrarlos y conducirlos al asilo en que debian ſer fomentados, vivificados y deſenvueltos.

En virtud de eſtos deſcubrimientos y ſuposiciones

se llevó á mal que se pusiese en duda el Sistema de los huevos, y la qüestion parecia plausible y difinitivamente decidida. El *Cervatico* estaba enteramente formado en el huevo de la Cierva que era llevado lo ménos difícilmente que se podia á la Matriz; y el Ciervo no tenia otro mérito que el de ocasionar una fermentacion fecundante ó vivificante en los humores de la Cierva para disponerles á comunicar el movimiento y la vida á los gérmenes contenidos en sus huevos.

En este Sistema tenia la Madre en todas las especies de animales la principal influencia en la reproduccion de la especie.

SISTEMA TERCERO: HIPOTESIS DE LOS DESARROLLOS.

528. SISTEMA III. No se hallaba ya dificultad alguna en punto á la exîstencia de los Ovarios, al transporte de los Huevos, á la realidad de los Gérmenes ó Embriones exîstentes en ellos, ni tampoco en punto al crecimiento y la vida que recibian estos Embriones; pero se la halló en punto al modo con que exîstian estos embriones en el huevo.

I.° ¿Cada Huevo contenia *un solo Embrion* macho ó hembra? ¿Como este embrion en llegando á su crecimiento perfecto producia otros embriones organizados como él? Esto parecia incomprensible, y nada se queria dexar de comprender.

Se hubiera podido en este caso recurrir á la accion conservadora del Criador, que perpetua la Naturaleza con una influencia siempre permanente; pero se queria desterrar de una vez de la Fisíca la accion del Criador que se tenia por necesaria para formarla, pero por inútil para conservarla.

II.° Se recurrió pues á la *Hipótesis de los Desarrollos*; es decir se supuso en el primer huevo de cada especie una infinidad de infinidades de embriones envueltos todos unos en otros, y formados todos desde el principio de los tiempos.

Así los Huevos formados por el Criador en la primera Cierva contenian cada uno un número inagotable de gérmenes ó embriones inclusos todos ó envueltos uno en otro ; y el embrion que servia de cubierta á todos los demas debia de nacer y desarrollarse el primero.

Si este *primer Embrion* era macho, el animal que salia era un Ciervo y no contenia los demas embriones, pues estos se quedaban en la madre ó se desvanecian perdiéndose enteramente para su especie.

Si este primer Embrion era hembra, el animal que producia era una cierva la qual contenia en sus ovarios todos los embriones machos y hembras que faltaban de desarrollarse.

Este Sistema por repugnante que parezca duró hasta la invencion y perfeccion de los Microscopios.

SISTEMA QUARTO ; LOS GUSANOS SIMILARES.

529. SISTEMA IV. El *Sistema de los Gusanos* hizo mudar de aspecto al de los huevos sin destruirle enteramente.

I.° Exâmináronse con los mejores Microscopios los humores prolíficos de varias especies de animales, por exemplo del Ciervo y de la Cierva. Creyóse ver en el humor fecundante del Ciervo un ormiguero de gusanillos vivientes, y no se halláron semejantes gusanillos en el humor de la Cierva. La imaginacion transformó fácilmente estos pretendidos gusanillos en otros tantos Cervaticos y Cervaticas. Este mismo fenómeno se creyó haber visto en los perros, en los conejos y en otros muchos animales que fuéron muertos y disecados para exâminar sus humores.

El resultado de esta observacion fué que el Ciervo ó el Macho de qualquiera especie producia el animalillo que deberia perpetuarla, y que la Cierva ó la Hembra solo contribuia con los sucos nutricios que debian sustentar este animalillo ; y de este modo la principal influencia en la reproduccion de la especie pasó de la hembra al macho.

II.° El *Gusanillo similar* que entre todos los contenidos en la fubftancia fecundante del Ciervo tenia la fortuna de llegar el primero arraftrando ó trepando hafta el Ovario de la Cierva, se alojaba como podia en alguno de los huevos. Efte huevo era llevado ó por alguna tuba, ó de algun otro modo defde el ovario á la matriz de la Cierva donde crecia alimentándofe de la fuftancia del huevo.

III.° La transformacion de eftos gufanos en cervaticos en el huevo imaginario de la cierva, y en pollitcs en el huevo real de gallina no era lo que embarazaba á los Naturaliftas; su embarazo consiftia en explicar la formacion primitiva de eftos infectos.

Para efto adaptáron á los Gufanos similares la *Hipótesis de los Desarrollos*, fuponiendo que cada gufano contenia una infinidad de gufanos de su efpecie envueltos todos unos en otros, y que eftos no tenian necesidad de mas que de defarrollarfe unos defpues de otros para convertirfe en animales de su especie.

Con efta fuposicion creian haberlo explicado todo sin necesitar para ello de la accion del Criador, porque á efte le habian hecho producirlo todo de un modo acafo chîmérico defde el principio de los tiempos. Todo efto se llamaba Filofofía en un tiempo en que el fer filófofo consiftia únicamente en quedar con habla ó no dexarfe concluir.

IV.° Defde entonces acá algunos Naturaliftas mas obfervadores y mas iluftrados han exâminado de nuevo los humores de varias fuftancias animales y vegetales, y han defcubierto que los pretendidos Gufanos similares que Hartsœker, Leuvenhoek, Lametrie y tantos otros atribuian exclusivamente á los humores fecundantes del Macho, no eran otra cofa que *Corpúsculos semovientes* que se encontraban igualmente en la fangre, en la carne, en los fucos y en los humores de todos los animales así machos como hembras; y aun lo que es mas, que eftos Corpúfculos femovientes á los que un ciego entusiafmo habia hecho feres vivientes y animados,

se encontraban igualmente en las infusiones de los gérmenes de muchísimas plantas.

Esta Observacion ha echado por tierra el Sistema de los *Gusanos similares*, y ha dado motivo á la invencion del de las Moléculas orgánicas; del que hablarémos bien pronto.

EXPERIENCIAS Y OBSERVACIONES DE HARVEO HECHAS EN LAS CIERVAS Y CIERVOS.

530. Observacion. Los Naturalistas de todas las Naciones estaban divididos entre sí, siguiendo unos un Sistema, y otros otro de los referidos; qüando Carlos I. Rey de Inglaterra Príncipe curioso y amante de las Ciencias encargó al famoso Harveo que acababa de descubrir y demostrar *la circulacion de la Sangre*, que hiciese en las Ciervas de su Parque todas las experiencias que tuviese por convenientes para llegar á descubrir el secreto con que la Naturaleza executaba la reproduccion de los animales. Harveo, este célebre Partidario del Sistema de los Huevos hizo succesivamente en el discurso de muchos años un número prodigioso de disecciones de Ciervas fecundadas, y no halló jamas en sus observaciones nada que pudiese adaptarse á ninguno de los Sistemas que dexamos expuestos. He aqui la idea y el resultado que nos da él mismo de las experiencias y observaciones que hizo en esta materia.

I.° Aunque disecó un número bastante considerable de Ciervas inmediatamente despues de la cópula, jamas halló en su Matriz humor ni sustancia alguna extraña, lo que al parecer destruye el primer sistema que no obstante es el único verosimil.

Pero se le puede sostener á pesar de esta Observacion negativa respondiendo que las convulsiones ocasionadas á la cierva al degollarla y desecarla, pudiéron producir en ella una revolucion capaz de hacer que abandonase súbitamente la Matriz la substancia destinada á

fecundarla, y esta respuesta es otro tanto mas sólida quanto que, aunque Harveo no hizo mas que dudar de si efectivamente sucederia en las Ciervas lo que aqui se responde, se halla comprobado ser así por otras Experiencias de Verheyen, Ruisch, Vallisnieri y Leuvenhoek.

II.° Aunque disecó succesivamente muchas Ciervas despues de haber pasado un tiempo mas ó menos largo desde su cópula, jamas percibió alteracion alguna en su pretendido *Ovario*, ni halló jamas en su Matriz cosa que hubiese pertenecido á él; lo que destruye manifiestamente así el Sistema de los huevos como todos los que dependen de él.

III.° *En la Matriz* fué en donde percibió Harveo la primera alteracion, pues la halló hácia el mes de Octubre en las Ciervas fecundadas en Septiembre un poco inflada y un poco mas blanda que lo que está ordinariamente. En ella descubrió unas Carúnculas ó excrescencias esponjosas que comparó á los pezones de las mamilas de las mugeres. Cortó algunas y las halló sembradas de puntos blancos cubiertos de una materia viscosa. El fondo de la matriz que formaba sus paredes estaba inflamado y tumefacto á modo de los labios de un niño quando le pica en ellos una abeja, y tan mollar que parecia de una consistencia semejante á la del celebro.

IV.° En el mes de Noviembre ya el tumor de la Matriz se habia disminuido, y las excrescencias esponjosas se habian secado; pero se halló con un expectáculo nuevo. Encontró unos hilos muy sutiles que extendiéndose de una cavidad á otra de la matriz formaban una especie de *Red* semejante á las telas de araña, é introduciéndose entre las arrugas de la membrana interna se enlazaban al rededor de las carúnculas ó excrescencias de que acabamos de hablar.

" Esta red, dice M. de Maupertuis de quien tomarémos el resto de este detalle histórico, formó bien pronto una bolsa cuya parte exterior tenia un baño de una materia fétida. La interior que era lisa conte-

„ tenia un licor femejante á la clara de un huevo en „ el que nadaba otro envolvedero esférico lleno de un „ licor mas claro y criftalino.

„ En efte licor fué donde percibió un nuevo prodi- „ gio ; no vió en él un animal enteramente organizado „ como fe debia efperar en fuposicion de los Siftemas „ precedentes , sino tan folo el principio de un animal, „ *un Punto viviente y saliente*, sin que todavia eftuvie- „ se formada ninguna otra parte de él. Vióle faltar „ y latir dentro del licor criftalino recibiendo su creci- „ miento de una vena que se perdia en el licor en que „ nadaba. Todavia latia quando Harveo se le hizo ver „ al Rey exponiéndole á los rayos del Sol.

„ A efte punto viviente y faliente se le juntan bien „ pronto las *Partes del cuerpo*, pero en diferente órden „ y tiempo. Al principio no hay mas que un mucílago „ dividido en dos pequeñas mafas , de las que la una „ forma la cabeza, y la otra el tronco; pero hácia el fin de „ Noviembre el feto eftá ya formado, y toda efta admira- „ ble obra en llegándofe á empezar se acaba muy pronto.

Ocho dias despues de la primera apariencia del *Punto viviente* eftá ya tan adelantada la organizacion del animal que se puede diftinguir su fexô, pero en medio de efta prontitud esta obra se hacé por partes, y las interiores se forman primero que las exteriores. Las vísceras y inteftinos se forman antes que el thorax y el abdomen que las deben cubrir, y así parecen añadidas á ellas como un techo á un edificio.

„ Hafta efte punto no se obferva adherencia algu- „ na del feto al cuerpo de la madre. La membrana „ que contiene el licor criftalino en que nada el feto, „ y que los Anatómicos llaman el Amnios , nada ella „ misma en el licor contenido en el Corion que es „ aquella bolfa que hemos vifto formarfe la primera ; y „ todo efto se halla en la Matriz de la madre sin ad- „ herencia alguna con ella.

V.° „ Al principio de Diciembre se descubre el uso „ de las *Carúnculas esponjiosas* que hemos dicho haber-

„ se obſervado en la ſuperficie interna de la matriz. Eſtas „ carúnculas no eſtan todavia pegadas á la cubierta del feto „ sino por el mucílago de que eſtan llenas; pero se unen „ bien pronto á ella mas íntimamente, recibiendo los va- „ ſos que ſalen del feto y sirven de base á la placenta.

„ Todo lo demas de eſta grande obra se reduce á „ varios grados de crecimiento que el feto va adquirien- „ do cada dia. Llega en fin el punto de nacer y en- „ tonces rompe el feto las membranas en que eſtaba en- „ vuelto; la Placenta se deſune de la Matriz, y el ani- „ mal dexando el cuerpo de la madre ſale á luz. Las „ Hembras de los brutos mazcando ellas miſmas el cor- „ don de los vaſos con que el Feto eſtaba ligado á la „ placenta, cortan una comunicacion que ya es inútil; „ y en los hombres las Comadres hacen una ligadura en „ eſte cordon y despues le cortan.

VI.° „ He aquí, continua el mismo Autor, quales „ fuéron las obſervaciones de Harveo. Ellas parecen tan „ poco compatibles con el *Sistema de los Huevos* y el „ de los *Animales espermáticos*, que si las hubiera re- „ ferido antes de exponer eſtos Siſtemas, hubiera temi- „ do que mis lectores se previnieſen demasiado contra „ ellos y no hubieſen querido oirlos.

„ En lugar de ver al Animal crecer por la *Intus-* „ *suscepcion* de una nueva materia como deberia ſuce- „ der si se hubiera formado en el huevo de la hem- „ bra, ó si fuera un guſanillo que nadaſe en el humor „ prolífico del macho, lo que se ve en eſtas obſerva- „ ciones es un animal que se forma por la *Iuxta-po-* „ *sicion* de nuevas partes. Harveo ve al principio for- „ marſe el ſaco que debe contenerle, y eſte ſaco „ en vez de ser la membrana de un huevo la qual „ se dilataſe, se forma á su viſta como una tela cuyos „ progreſos obſerva. Eſta tela no es al principio otra co- „ sa que unos hilos tirados de un extremo á otro de „ la Matriz, pero despues eſtos hilos se multiplican, „ se juntan y forman en fin una verdadera membra- „ na. La formacion de eſte saço es una maravilla que

„ debe acoftumbrarnos á otras.

„ No habla Harveo de la formacion del saco interior de que sin duda no fué teftigo, pero él vió formarse el animal que nada en él. Efte no es al principio mas que *un Punto*, pero un punto que tiene vida y alrededor del qual viniéndose á colocar las demas partes forman bien pronto un Animal completo.(*)

SISTEMA QUINTO: LAS MOLECULAS ORGANICAS.

531. SISTEMA V. A los Siftemas referidos ha fucedido en fin el Siftema de las *Moléculas orgánicas*, el mas ingenioso y filosófico de quantos le han precedido, y que se puede considerar como un hábil defenvolvimiento del único siftema admisible en efta materia, que es el que atribuye la reproduccion de las efpecies vivientes á la mezcla de los humores prolíficos. En efte Siftema inventado y defenvuelto por el célebre Buffon, las Moléculas orgánicas fon como lo indica su mifmo nombre pequeñas mafas ó fuftancias organizadas; *Molécula, parvula moles, suis instructa organis.* Mediante eftas moléculas procura efte famofo Naturalifta, Pintor fublime y Filófofo profundo dar razon del mayor fenómeno que nos prefenta la Naturaleza, qual es el de la Reproduccion de las Plantas y Animales que él mira baxo de un mismo aspecto en efte punto. Harémos una breve exposicion de efte Siftema, en que se mueftran igualmente la extension, el tino y penetracion de ingenio de su inventor.

I.° Hay en la Naturaleza, dice efte Autor una materia que sirve para la nutricion y defenvolvimiento de todo quanto vive y vegeta. Efta materia caufa la nutricion y defenvolvimiento de eftos feres, asimilándofe á cada parte del cuerpo del animal ó vegetal en quien obra, y penetrando íntimamente la forma de los tipos

9*

(*) Maupertuis, *Venus física.* Harveo *de Cervarum et Damarum coitu.* Exercitatione 66.

ó moldes interiores en que se insinúa. Quando esta *Materia nutritiva* es en mayor abundancia que la que se necesita para nutrir y desenvolver el animal ó vegetal, fluye de todas las partes del cuerpo baxo la forma de licor á uno ó muchos Reservatorios destinados á recibirle.

Este licor contiene todas las moléculas análogas al cuerpo del animal ó vegetal, y de consiguiente todo lo que es necesario para la Reproduccion de un Entecillo enteramente semejante al primero.

II.° Quando esta Materia nutritiva y productiva despues de haber pasado por el molde interior del animal ó vegetal, ó por los poros y conductos de las partes que nutre, cae en una Matriz proporcionada, produce un animal ó un vegetal de la misma especie.

Pero quando cae en una Matriz desproporcionada produce solo seres organizados que no son todavia mas que *Corpúsculos semovientes*, como son los que se ven en los licores seminales, y á veces en la sangre y en otros varios humores de ciertos animales, y aun en las infusiones de los Gérmenes de muchas plantas terrestres y aqüáticas.

III.° Esta Materia nutritiva y productiva está compuesta de partículas orgánicas siempre activas por su naturaleza ó siempre dispuestas á unirse con otras moléculas análogas, ya sea en virtud de sus afinidades, ya sea por la accion de alguna otra causa.

Estos corpúsculos semovientes y vegetantes estan privados de accion y movimiento mientras que estan fixados y detenidos por las partes brutas y tenaces de la materia terrea, oleosa y sabina á que están unidos; pero luego que se desunen de esta materia extraña, recobran su accion, y producen varias especies ó de vegetaciones, ó de seres animados que se mueven progresivamente.

532. NOTA. Este *Sistema de las Moléculas orgánicas* puede hacerse absurdo de dos modos, ó lo vendrá á ser si se le funda en dos suposiciones de que es fácil hacerle enteramente independiente.

I.° En primer lugar este Sistema será absurdo si se

supone que las Moléculas orgánicas tienen en sí y por sí *verdadera Sensibilidad*, ó una capacidad intrínseca de tener percepciones reales de placer ó de dolor; y si de consiguiente se infiere que los Brutos no tienen *Alma sensible* realmente distinta de la materia ó de sus propiedades y modificaciones, que sea en ellos el principio ó sujeto inmaterial del sentimiento.

Porque la Filosofía y el Sentido comun nos enseñan de acuerdo que *la materia es tan absolutamente incapaz de sentir como de pensar* (*Met.* 711. y 805.)

II.° En segundo lugar será absurdo este Sistema si se supone que las Moléculas orgánicas causan el maravilloso fenómeno de tranformarse en cuerpos animales ó vegetales en virtud de una *Energía intrínseca* que le sea propia y esté ligada é inherente á su naturaleza, y no *en fuerza de las Leyes físicas* que ha establecido y perpetua libremente el Autor de la Naturaleza, el Ser infinitamente inteligente, é infinitamente activo por su naturaleza y esencia.

Porque la Filosofía y el Sentido comun nos enseñan igualmente que *toda Materia es ciega é inerte por sí misma*, y que la Organizacion animal y vegetal que por todas partes nos indica palpablemente una inteligencia infinita y una actividad sin límites no puede provenir de un concurso ó agregado de Moléculas orgánicas que no son mas que una pura materia á quien seria igualmente ridículo que absurdo atribuir una actividad é inteligencia infinitas.

APLICACIONES DE ESTE ULTIMO SISTEMA.

533. Aplicacion I. Sin adoptar servilmente todas las ideas del Autor de este Sistema expondrémos con brevedad de que modo concebimos así la formacion como la accion de las *Moléculas orgánicas* en los Reynos animal y vegetal.

I.° Un Animal ó Vegetal formado por un solo gérmen que contiene en pequeño los lineamentos funda-

mentales de su organizacion llega mediante la nutricion á adquirir todo su incremento, y produce en sí mismo por medio de los moldes ó tipos de su organizacion *Gérmenes semejantes á él* ó al gérmen de que él ha nacido. De aqui la inutilidad de los abſurdos deſarrollos que admitia el tercer Siſtema que hemos expuesto. (528.)

Eſtos gérmenes nuevos que deben ſervir para reproducirle no ſon otra coſa que la parte ſuperabundante de los ſucos nutricios con que se ſuſtentan y deſenvuelven todas las partes del cuerpo organizado, los que no siendo ya neceſarios por tenerlos ſuficientes cada parte animal ó vegetal deben refluir á ciertos *Reservatorios comunes*, y asimilarſe en pequeño al animal ó vegetal como se hubieran asimilado en grande si hubieran sido efectivamente empleados en la nutricion y deſenvolvimiento de ſus partes. Asi pues el refluxo de gérmenes á los reſervatorios del animal ó vegetal que se eſtá haciendo continuamente á lo menos en ciertos tiempos, debe formar una imágen del Animal ó Vegetal en quien se reunen; y he aqui un Gérmen que podrá ſervir para reproducirle.

II.° Eſte gérmen pueſto en un parage apropósito para su deſenvolvimiento tira á vegetar en pequeño como el Animal ó Vegetal lo hacen en grande.

El *gérmen de un Vegetal* pueſto en una tierra fecunda forma una cavellera de raices que chupan los jugos de la tierra, y le atraen una ſuſtancia capaz de asimilarſe á ſus partes.

El *gérmen de un Animal ovíparo* vegeta y produce los filamentos por donde recibe su nutrimento que le eſtá preparado en el huevo, y es apropósito para asimilarſe á todos ſus miembros y órganos empezando por los mas eſenciales.

El *gérmen de un Animal vivíparo* insinuándoſe por los poros entreabiertos de una ſuſtancia esponjoſa vegeta y produce sus hilitos, mediante los que se implanta en eſta ſuſtancia y recibe los ſucos nutricios que deſenvuelven ſuc-

cesivamente los principales órganos de su conſtitucion. (530.)

III.° Segun las Obſervaciones de Malpighi y Haller el gérmen y feto del Pollo eſtá enteramente formado en los huevos de la gallina aunque no eſtén fecundados (*): ¿Y que es imposible ó aun improbable que haya *semejantes gérmenes* en los varios reſervatorios de las hembras vivíparas, por exemplo en la Cierva?

Si se pregunta porqué no obſtante de contenerſe el gérmen y feto del pollo y cervatico en el huevo y reſervatorios de la gallina y la cierva, no pueden deſenvolverſe y vivificarſe eſtos gérmenes sin el concurſo de las moléculas orgánicas del gallo y del ciervo: se puede reſponder que la cauſa es porque las moléculas orgánicas de la gallina y la cierva no tienen por sí ſolas *Afinidad atractiva* con los ſucos nutricios que ſon neceſarios para hacerles vegetar, y que adquieren eſta virtud mediante su union con las moléculas orgánicas del gallo ó del ciervo, al modo que en las Operaciones chîmicas se ve todos los dias que una ſuſtancia que no tiene por sí miſma afinidad atractiva con ciertas ſubſtancias, la adquiere mediante su union con otra. (87.)

IV.° En virtud de su union las moléculas orgánicas del Ciervo y la Cierva producirán ó un feto macho que se parecerá al padre, ó un feto hembra que se pa-

(*) Nota. La *Galladura del huevo* contiene el verdadero gérmen del pollo, y esta galladura se halla así en los huevos fecundados como en los que no lo están, aunque con la diferiencia de que en la de los huevos fecundados se encuentran ya bien formados y expresados los principales lineamentos del animalillo que la incubacion hace nacer; y en la de los huevos no fecundados no se ve claramente mas que un globito informe, lleno de fuego con algunos apéndices, y rodeado de círculos concéntricos. Pero sea que en el huevo no fecundado haya un verdadero gérmen todavia mal desenvuelto, sea que no haya mas que el fondo y la armazon de un gérmen, la Teoría de que aqui se trata viene á ser siempre la misma, pues lo que aqui procuramos averiguar es la razon porque las moléculas orgánicas de la gallina y de la cierva no producen animales de su especie sin el concurso de las moléculas del gallo y del ciervo.

recerá á la madre segun que el Ciervo ó la Cierva hayan contribuido con mayor cantidad de las moléculas que deben *determinar el sexô.*

Las *Moléculas semejantes y simpáticas* se unirán segun el órden y relacion de su afinidad, las de la cabeza con las de la cabeza, y las de los pies con las de los pies.

Careciendo de afinidad mútua las moléculas desemejantes y que deben determinar el sexô del feto no adherirán unas á otras; y así aquellas moléculas específicas del Ciervo y la Cierva que tengan mas afinidad con el resto del feto quedarán adherentes á él, expelerán á las otras, y harán al feto Ciervo ó Cierva.

V.° Aunque el Feto sea vegetante no está por el mismo hecho animado, pues la vegetacion no tiene ni puede tener nada de comun con la *Sustancia inmaterial* de quien depende su vida y sentimiento.

Esta Alma inmaterial no puede ménos de ser criada por el Omnipotente: y es probable que este la crie al tiempo en que está ya formado el fondo de la organizacion esencial del Feto. (*Met.* 810.)

534. Nota. Este es, ó de este modo puede concebirse el *Sistema de las Moléculas orgánicas.*

Este Sistema padece á la verdad bastantes dificultades, pero tiene á lo ménos la ventaja y el mérito de haber purgado la Física de la fabulosa y ridícula hipótesis de los *Animales espermáticos* que Leuvenhoek y Hortsoeker creyéron haber descubierto, la que ya en fin ha proscripto una Filosofía mas ilustrada.

Estos dos Observadores ya viejos y sin anteojos han tenido la dicha de ver solos ayudados de sus famosos microscopios lo que otros muchos observadores con los ojos mejor constituidos y con los mejores microscopios jamas han podido ver del mismo modo que ellos. ¡Que no se ve quando se mira con ojos muy ansiosos de singularidad, y con un ánimo á quien ha empezado á poseer un ciego entusiasmo por un descubrimiento que debe trastornar todas las ideas recibidas!

Fi-

Figuras extravagantes parecen figuras animales; vibraciones puramente mecánicas se convierten en movimientos vitales y espontaneos; moléculas mas ó menos informes, *Corpúsculos semovientes* que no se parecen acaso en nada á lo que llamamos nosotros Moléculas orgánicas son verdaderos ciervos, toros, carneros, conejos, perros y hombres á los ojos de semejantes observadores.

Por fortuna no tienen todos los Observadores los mismos ojos, y la ilusion se desvanece con la contrariedad de relaciones. Todos los Observadores han visto siempre del mismo modo y baxo de los mismos lineamentos los verdaderos animalillos que por su extrema pequeñez no podemos ver con nuestra simple vista, y que nos hace visibles un excelente microscopio, trazándoles en el ojo baxo de un ángulo bastante sensible, como son las anguilillas del vinagre, y los aradores del queso. Pero todos los Observadores que han sostenido la fabulosa exîstencia de los animalillos de Leuvenhoek, exîstencia digna por muchos títulos de ser adoptada con entusiasmo por el Autor del *Hombre-máquina*, los han visto de diverso modo unos que otros.

La permanente diversidad y oposicion de las observaciones hechas en este punto han hecho en fin dudoso, han ridiculizado y desacreditado el pretendido descubrimiento de los animales espermáticos, y la *Opinion de los Animalistas* ha hecho lugar al Sistema de las Moléculas orgánicas, hasta tanto que otro nuevo Sistema venga acaso á suceder á este; lo que al parecer no sucederá tan pronto.

Algunos Fisiólogos han querido ya substituir en lugar de las Moléculas orgánicas un *Vapor espirituoso*, un *Espíritu fecundante*, una *Materia eléctrico-prolífica*, pero no han hecho mas que usar de voces campanudas que analizadas nada dicen en suma, en que el Vulgo cree ver la sublimidad del ingenio, y el Filósofo no ve mas que su impotencia, y que solo presentan al entendimiento ideas tan vagas y confusas que se las puede colocar á par de las Qualidades ocultas del viejo Peripato.

535. APLICACION II. Aunque la teoría de las Moléculas orgánicas no sea mas que un Sistema, y acaso un Sistema ruinoso, es con todo un Sistema muy filosófico, y el único en que se puede dar razon de muchísimos fenómenos tocantes á la reproduccion; lo que debe por lo ménos prevenirnos bastante á su favor.

I.° El *Cervatico* por exemplo, es de la misma naturaleza que los dos seres vivientes el Ciervo y la Cierva que le han dado el ser, porque las moléculas que han hecho el fondo de su ser primitivo se han formado en el molde interior de las dos sustancias organizadas que le han producido, ya sea que las moléculas análogas del Ciervo y de la Cierva se hayan unido inmediatamente en la Matriz de la Cierva, ya sea que se hayan unido succesivamente circulando en la sangre y por todo el cuerpo antes de posarse en el sitio destinado á su desenvolvimiento.

El Cervatico es del mismo color, altura y naturaleza de la Cierva y Ciervo de tal pais, porque las moléculas orgánicas de que se ha formado han sido moldeadas por el Ciervo y Cierva de este pais, y no de otro diferente.

II.° De un Asno y una Yegua nace un animal mestizo que se llama *Mulo* y que participa de las dos especies, porque las moléculas orgánicas que asimilándose han concurrido á formarle son de naturaleza diferente pero apropósito para unirse unas á otras en virtud de su afinidad.

Quando ha adquirido ya todo su incremento el animal mestizo, tiene en sí moléculas orgánicas que resultan del refluxo de los sucos nutricios, pero estas moléculas no son fecundas porque á causa de su naturaleza mixta carecen de afinidad con las moléculas orgánicas de un animal de su especie ó de otro diferente.

III.° Hay algunas especies de *Animales asexôs ó Afroditas*, es decir neutros ó sin sexô, como son algunos pulgones, las conchas y varias especies de gusanos é insectos, en las quales cada individuo de por sí se reproduce por sí solo. Esto proviene de que las molécu-

las orgánicas de cada individuo eſtan ſuficientemente organizadas para poder dar el ſer á un animal ſemejante á él sin que tengan necesidad de eſtar unidas á otras moléculas de la misma especie.

536. NOTA. Hay en la Naturaleza *Monstruos* ó por exceſo, ó por defecto; y de la formacion de unos y otros se puede fácilmente dar razon en el Siſtema de las Moléculas orgánicas.

I.° Los *Monstruos por exceso*, por exemplo un Ciervo con dos cabezas tienen eſta deformidad porque de dos fetos diſtintos que se iban á formar, el uno se ha conſervado entero, y el otro ha perecido en parte.

En el exemplo pueſto el tronco de la molécula orgánica que debia formar el otro Ciervo ha perecido ó no se ha formado, y la cabeza que no ha perecido se ha deſenvuelto aparte, y se ha implantado despues por juxta-posicion en el tronco que se ha formado junto á ella. (530.)

Si se pregunta porqué eſta cabeza no se implantó en medio de la espalda, en el talon, ó en alguna otra parte ménos análoga del animal y no en el cuello, responderémos que debia ſuceder así porque eſta cabeza tiene mas analogía y afinidad con el cuello que con qualquiera otra parte del animal coexîſtente.

Se han viſto *Castas de hombres sexdigitarios*, porque las moléculas orgánicas de los ſexdigitarios ſon ellas mismas entecillos ſexdigitarios que reſultan del refluxo de todas las partes de un todo ſexdigitario.

II.° Los *Monstruos por defecto*, por exemplo un feto sin brazos en la Especie humana tienen eſta deformidad por algun acontecimiento accidental que ha hecho perecer en la molécula orgánica de eſte feto la parte análoga á los brazos, ó que ha impedido á los brazos de eſte feto formados acaſo ſeparadamente llegarſe á implantar en el sitio conveniente á su afinidad.

Una Molécula orgánica privada de los lineamentos correspondientes á los brazos debe producir un cuerpo sin brazos. Una Molécula orgánica entera y completa

tendrá la misma fuerte si la fobreviene algun accidente que impida á los lineamentos correspondientes á los brazos vegetar ó implantarfe en el tronco.

Un Padre y una Madre que tienen qualquiera vicio en su conftitucion efencial transmiten por lo comun *estos Vicios físicos* á fus hijos porque las moléculas orgánicas elaboradas mediante la organizacion general de efte Padre y de efta Madre fon en pequeño lo que ellos fon en grande, unos feres defectuofos.

Un Militar que haya perdido un brazo en una Campaña no transmite á fus hijos efte defecto, porque los fucos deftinados á nutrir efte brazo eftan elaborados de antemano en los tipos y moldes que comunicaban con él, por lo que las moléculas orgánicas que refultan de su refluxo tienen toda la perfeccion y organizacion que deben tener.

III.° Por lo que hace á los *Monstruos humanos* con cabeza de gato, pies de perro, cola de cavallo, de figura de comadreja, rana, ó fapo de que hacen mencion algunos antiguos Fisiólogos en quienes la imaginacion podia mas que la razon, las relaciones en que se funda su exîftencia se las puede poner en la clafe de las *Patrañas rancias* y *absurdas.* „Yo he exâminado muchos „de eftos Monstruos, dice un Naturalifta iluftrado y pers„picaz, el célebre Maupertuis; pero todo se reducia á „algunos lineamentos disformes. Jamas he hallado en nin„gun Individuo parte alguna que perteneciefe fegura„mente á otra especie que á la fuya; y si se me hi„ciefe ver algun Minotauro ó Centauro, creeria mas bien „que era un compuefto que habia refultado de una „reunion monftruofa de varias partes de diferentes ani„males, que el que femejante animal fuefe un prodigio.“

537. COROLARIO. Refulta del exâmen filofófico que acabamos de hacer en efte último párrafo, que *la Reproduccion de los Seres vivientes se debe tener por un misterio impenetrable de la Naturaleza*, refpecto de que con todas las obfervaciones y experiencias que se han hecho, con todas las hipótesis que se han imaginado en efta

materia en que parece que ya no puede adelantar mas el entendimiento humano, no se ha podido conseguir tener un conocimiento bastante claro y satisfactorio de ella.

ARTICULO SEGUNDO.

IDEA GENERAL DEL REYNO VEGETAL.

538. Descripcion. El *Vegetal* es un cuerpo organizado que tiene un principio de vida, nace de un gérmen, crece por Intus-supcion, es semejante al Animal por su organizacion, y esencialmente diferente de él por su carencia de Sentimiento. El Reyno vegetal pertenece principalmente á la *Botánica*, Ciencia que comprende á un tiempo la parte histórica y la parte física de todo lo que pertenece á los Vegetales.

Los Botánicos han descubierto ya como unas ciento y veinte, ó ciento veinte y cinco mil especies diferentes de plantas ó vegetales en la parte que han recorrido del antiguo y nuevo Continente. Si hubieran recorrido igualmente toda la Tierra es verosímil que hubieran hallado mas de doscientas mil. Pero los mas de los Botánicos atienden mas á dar la *nomenclatura de las Plantas* que interesa poco, que á conocer y enseñarnos sus propiedades naturales de las que se podrian sacar grandes utilidades.

DIVISION DEL REYNO VEGETAL.

539. Division. El célebre Adanson divide el Reyno vegetal como lo hace con el animal en especies unisexâs, bisexâs y asexâs ó neutras. (521)

I.° Hay entre las Plantas *Especies unisexâs*, cuyos individuos son solamente machos ó solamente hembras.

Tal es el Cáñamo, en el que se ve que cada planta ó pie individual tiene un sexô único y exclusivo, que

la planta que da la flor ó los eſtambres es el macho ó el individuo fecundante, y la que da el grano es la hembra ó el individuo fecundado.

Tales ſon tambien el Alfonsigo y la Palma, cuyos machos ſolo dan flores, y cuyas hembras jamas dan frutos sino eſtá plantado junto á ellas el árbol macho.

II.° Los mas de los Vegetales ſon de *Especie bisexâ* en que cada individuo siendo á un tiempo macho y hembra produce juntamente flores fecundantes, y flores que necesitan ſer fecundadas: tal es el trigo cuya espiga produce al principio flores ó eſtambres que cayendo en las espadañas que les han ſervido de cáliz fecundan la ſuſtancia que se debe convertir en grano.

En general el *polvo sutil* que cubre los eſtambres de las flores de los árboles y plantas es la ſuſtancia que debe hacer nacer los frutos cayendo en los eſtigmas en que deben formarſe. Por lo comun en todo árbol biſexô las flores machos y hembras eſtan en un miſmo tallo. A veces tambien eſtán en tallos diſtintos como se ve en la higuera, en el caſtaño y en otros varios.

III.° Hay en fin en los vegetales *Especies asexâs* que no tienen ſexô alguno ſensible, y ni ſon machos ni hembras, sino que se reproducen y multiplican por medio de regüeldos ó plantones sin necesitar de flores ni fecundacion. Eſta claſe es poco numeroſa y no se conoce bien todavia.

GERMENES DE LOS VEGETALES.

540. OBSERVACION. Todo Vegetal nace de un gérmen, lo mismo que todo Animal: y eſte gérmen es un refluxo de los ſucos nutricios de la planta que le produce. Por exemplo en *una Encina* el ſobrante ó la parte redundante de los varios ſucos que han sido elaborados en los moldes del árbol con deſtino á nutrir todas ſus partes se deposita á la extremidad de las ramas y se forma en bellotas. Eſtas bellotas ſon respecto de la Encina, lo que respecto de la gallina es el huevo, depósitos deſtinados á reproducir su especie.

I.° Así como en cada huevo de gallina hay un gérmen en que se contienen los principales lineamentos de un animalillo que ſolo necesita de un cierto grado de calor para deſenvolverſe y hacerſe pollo, así tambien en *una Bellota* hay un gérmen en que se contienen los principales lineamentos de un vegetal que ſolo necesita de un cierto grado de fermentacion conveniente en la tierra para hacerſe una Encina. Los gérmenes de los Vegetales se forman y situan de diferentes modos en el vegetal que los produce, pero *ningun Vegetal se produce sin un gérmen* que ſea el principio primitivo de su ſer.

Se ve por lo dicho que nueſtro Siſtema ſobre la Reproduccion de los Vegetales ya ſean árboles, ya arbuſtos ó hierbas no es mas que una aplicacion ó corolario del Siſtema de las Moléculas orgánicas que hemos adoptado para explicar la Reproduccion del Género animal. El gérmen reproductivo de una Planta de qualquiera eſpecie no es mas que un pequeño agregado de Moléculas orgánicas exâctamente asimilado á la planta que le produce. (533, 152, 542.)

II° La *virtud reproductiva de los Vegetales* eſtá ordinariamente en los granos que producen fuera de la tierra, como en la encina, el trigo y el cáñamo, pero en algunos eſtá en sus cebollas y raices de eſpecie particular, que nacen dentro de la Tierra como en los Tulipanes, Anemonas y Ranúnculos; y aun en algunos otros como en los árboles eſtá en casi todas ſus partes así en ſus ſemillas que depositadas en una tierra fértil vegetan y se convierten en arbolitos de la miſma eſpecie, como en ſus ramas que cortadas y plantadas en tierra se hacen *Plantones*, y en fin en sus raices y retoños que ſeparados del tronco y plantados en tierra hacen revivir el árbol de que ſe les ha arrancado.

FLORES Y FRUTOS DE LOS VEGETALES.

541. Descripcion. Las Flores ſon producciones de las Plantas que hermoſeando la Naturaleza eſtan des-

tinadas á hacer fecunda en frutos la Planta que las produce; y hacen nacer el gérmen que debe perpetuar su especie.

¡Que interesante expectáculo no es un Quadro de flores en que la Naturaleza y el Arte han reunido todas las bellezas de los colores, y todos los perfumes de los olores; en que la vista y el olfato igualmente lisonjeados parece que arrebatan al alma fuera de sí misma y la transportan á porfía á todas las partes en que halla fuentes inocentes de placeres!

¡Brillantes objetos, vuestro Poseedor os contempla y admira con entusiasmo: un Florista os codicia con envidia: y una Ninfa viva y airosa se apresura á hermosearse con vuestros colores y á cargarse de vuestras deliciosas exâlaciones! Por lo que á mí toca, yo me contento con observaros como Filósofo.

La *Flor en general* lleva en su seno el principio de un gérmen reproductivo de su especie. Tres son por lo comun las principales partes que la constituyen: á saber un cáliz, una corola y un corazon.

I.° El *Cáliz* es la cubierta exterior que sostiene y defiende todas sus partes; es por lo comun de color verde, y á veces se convierte en hojas coloradas.

II.° La *Corola* es la parte colorada de la flor. Su destino es al parecer hermosear la Naturaleza, y defender de las injurias del ayre el Corazon de la flor que es su parte mas esencial.

III.° El *Corazon* es el centro de la flor; por lo comun está compuesto de los estambres y el pistilo.

Los *Estambres* son hilitos que suben del centro ó seno de la flor y rematan en un pequeño cuerpo que se llama *Apice*; este ápice contiene el polvo fecundante de la flor.

El *Pistilo* es un tubo destinado á recibir los polvos de los estambres en las cavidades que se llaman *Estigmas* en donde nace el grano.

El *Pistilo* está por lo comun situado hácia el medio ó el centro de la flor como en el lirio, y comu-

ni-

nica siempre con el sitio en que se debe formar el gérmen ó parte de la planta que debe servir para reproducirla.

IV.° La Flor ademas de servir de adorno á la Naturaleza nos prepara por lo comun un *Fruto delicioso*, un *Grano nutritivo* y una *Harina preciosa*. En el Manzano se convierte en manzanas, en el Fresal en fresas, y en el Trigo en granos.

Tal es la admirable Economía de la Naturaleza. La parte en que reside la virtud reproductiva de las plantas, ó el gérmen que conserva y multiplica su especie nace por lo comun cubierto de una sustancia destinada á servir de alimento y á hacer las delicias de los seres vivientes.

V.° Se observan en los *Frutos* las mismas partes esenciales que en las plantas; á saber pieles ó membranas, lobos ó carnes, y fibras ó cuerpos leñosos.

Entre los frutos unos son de pepita, otros de hueso ó tito; unos frágiles, otros agüanosos ó desleibles; unos harinosos, y otros leñosos. Unos nacen á par de la tierra, ó en lo interior de ella, y otros se forman en la region del aire, ya cada uno de por sí, ya juntos en racimos.

Los frutos pierden por lo comun la acrimonia que les es propia en su estado primitivo, quando el calor del Sol, ó la fermentacion interior ha llegado á perfeccionar su substancia.

FORMACION DE LOS VEGETALES.

542. Observacion. Así como el Animal se forma y nutre por medio de los sucos nutricios que le supeditan los alimentos, y que modifican y transforman los apretadores, agugeros, tipos y alambiques de la máquina animal (517), así tambien el Vegetal se forma y desenvuelve por medio de los jugos nutritivos que le traen sus raices y hojas, y que su organizacion prepara y modifica.

Las Plantas chupan, absuerven y aspiran el agua

de la tierra por medio de ſus raices en forma de cavellera que ſon otros tantos pequeños tubos, y la humedad del ayre por ſus hojas poroſas y abſorventes en que empiezan ó terminan una infinidad de pequeños conductos. Como el agua tiene siempre en diſolucion una quantidad considerable de muchísimos cuerpos heterogéneos con quienes tiene afinidad (108), insinuándoſe en la planta lleva consigo muchas y varias ſuſtancias que mezcladas y combinadas con ella componen asi la ſavia como el jugo de eſta planta.

I.° Se ha obſervado que hay en las plantas una *Savia ascendente*, y otra *descendente*; de aqui en las plantas ó vegetales una circulacion de ſavia y jugos nutritivos ſemejante á la circulacion de la ſangre y humores que hay en los animales.

Se ſabe que hay en los Arboles *Vasos linfáticos* que diſtribuyen la ſavia ó nutrimento comun á todas las eſpecies; y *Vasos propios* por donde fluyen los ſucos propios ó los ſucos privativos de cada especie. Se preſume tambien que tienen los árboles *Vasos aereos* á los que han llamado *Tracheas*, colocados en lineas eſpirales al rededor del tronco, y deſtinados á facilitar la circulacion de la ſavia y jugos privativos.

II.° Como no todos los *Jugos de la tierra* ſon indiferentemente convenientes para cada eſpecie de Vegetal, eſtá cada una organizada de un modo particular, propio para recibir los jugos que la convienen, é impedir el paſo de ſus agujeros y moldes á los que no la convienen.

Los jugos atraidos y admitidos en lo interior de la Planta se trituran, amaſan y modifican en una multitud de canales y agujeros que podriamos muy bien comparar al eſtómago, inteſtinos y venas láƈteas de los animales. La única ſecrecion que tienen las plantas es la Tranſpiracion ſensible é inſensible que hay indudablemente en el género vegetal, del miſmo modo que la hay en el animal.

Los *Canales de la Savia y de los jugos* divididos

en infinitas ramificaciones como las venas y arterias de los animales, nutren y ſuſtentan todas las partes de la planta llevándolas jugos elaborados del modo conveniente para cada una, diſtinto para el tronco que para la corteza, hojas y flores. El ſobrante ó la parte redundante de eſtos jugos nutritivos refluyendo á los reſervatorios convenientes, se convierte en gérmenes que ſon en pequeño lo que la planta es en grande.

III.° ¿ Pero como y por medio de que mecanismo físico *dos Plantas diferentes*, por exemplo un ranúnculo y una berza, una higuera y una encina eligen en una miſma tierra con ſus raices á modo de cavellera, y en una misma maſa de ayre húmedo con ſus hojas poroſas y abſorventes los jugos nutritivos que las convienen eſpecialmente á cada una ? ¿ Afirmar que eſto es así no es hacer una ſuposicion de la claſe de eſtas ingenioſas chîmeras que inventa la imaginacion, y que no tienen fundamento alguno en la Naturaleza ? No por cierto. Eſta ſuposicion no eſtá imaginada sin fundamento: eſtá indicada por una experiencia bien ſencilla y ſensible, que es la siguiente.

Mézclenſe en un vaſo algo grande agua, vino y aceyte. Tómenſe *tres tiras de papel*: mójeſe la extremidad de cada una en uno ſolo de eſtos licores, y métaſe eſta extremidad en el vaſo en que eſtan los tres licores mezclados de ſuerte que entre algun tanto en el líquido compueſto quedando la extremidad ſeca fuera del vaſo. Se verá que cada tira atrae y deſtila por la extremidad que cuelga fuera del vaſo ſolamente aquel licor en que se ha mojado la extremidad que eſtá dentro de él, de modo que la tira cuya extremidad se mojó en agua ſolo atraerá el agua, é igualmente las otras dos atraerán la una el vino, y la otra el aceyte.

Tal es ó de eſte modo puede concebirſe la *Chupadura de las Plantas*, con la que recibiendo únicamente la ſuſtancia proporcionada á ſus órganos y naturaleza repelen todas las demas. La higuera atrae y recibe un jugo mas láćteo, la encina un jugo mas leñoſo, y el ra-

núnculo un jugo que se convierte en mil colores admirablemente diferentes. ¡Que nueva prueba á favor de las Afinidades ó Atracciones especiales que hemos probado ya en otro lugar! (93.)

DESCRIPCION DE LAS VARIAS PARTES QUE CONSTITUYEN LOS VEGETALES.

543. OBSERVACION. Por ser muy extenso el Reyno vegetal se le divide en *Arboles*, *Arbustos y Hiervas*, pero su organizacion general es la misma en todas estas clases: para observarla mejor la exâminarémos en los árboles en donde se presenta mas en grande.

En la rama de un árbol cortada transversalmente se notan quatro cosas principales, á saber la medula ó meollo; la madera, el alborno y la corteza; y lo mismo se observa en el Arbol entero, que es en grande lo que la rama ó bástago en pequeño.

I.° La *Medula* que está situada á lo largo del exe del tronco cilíndrico es un conjunto de casillas separadas por medio de intersticios, una especie de texido celular compuesto de ventrículos verdosos y llenos de jugo. Esta medula bien palpable en los pequeños bástagos se endurece con el tiempo, y por lo comun no se halla en el tronco ó en la madera bien formada.

II.° La *Madera* es la parte mas dura del tronco dividida en capas concéntricas al rededor del exe. Esta viene á ser un conjunto de fibras longitudinales ligadas fuertemente unas á otras por medio de una infinidad de fibrecitas transversales que desde el corazon ó exe pasan á la corteza. La madera propiamente dicha llega hasta el alborno.

III.° El *Alborno* es una capa ó ceñidor de madera imperfecta y mal formada, situada entre el corazon y la corteza de los árboles. El alborno se distingue de la madera perfecta por su color y dureza. Los Artistas no hacen uso de él por ser poco sólido, y fácil de carcomerse. El alborno propiamente no es otra cosa que las últimas capas del incremento que ha adquirido el árbol

y que no eſtan todavia baſtante endurecidas y formadas.

Adquiriendo el árbol en cada año una nueva capa leñoſa entre la corteza y el alborno del año anterior convierte ſuccesivamente en madera su alborno que se condenſa y endurece continuamente en fuerza de la presion de las nuevas capas que adquiere el árbol; y así se puede conocer fácilmente *el tiempo que tiene un Arbol* por las capas leñoſas concéntricas que tiene entre el exe y la corteza, porque cada año adquiere una nueva capa, y de consiguiente el número de años que tiene es igual al de ſus capas ó cintas leñoſas.

IV.° La *Corteza* es la cubierta y como la piel del árbol. En eſta corteza es en la que consiſte su principal organizacion. Se compone de tres partes principales, que ſon el libro ó la corteza interior, la corteza media, y la epidermia ó corteza exterior.

El *Libro* es un conjunto de películas finas ſemejantes á las hojas de un libro que eſtan inmediatamente pegadas al alborno. Cada año por la Primavera eſte conjunto de películas acinadas unas ſobre otras y concéntricas se deſune del reſto de la corteza y se hace una nueva capa de alborno. La ſavia que fluye por entre el libro y la corteza media produce cada año una nueva capa de películas entre la corteza media y el libro del año anterior.

La *Epidermia* es la piel exterior que cubre todas las partes de la corteza; es una membrana muy fina siempre tranſparente, por lo comun sin color, eláſtica, y un poco poroſa.

V.° La *Corteza media* situada entre el libro y la epidermia eſtá compueſta de fibras leñoſas longitudinales, de los vaſos propios y de un texido celular. De eſtas tres coſas depende principalmente la vegetacion de las plantas.

Las *Fibras leñosas longitudinales* ſon vaſos huecos por donde fluye la ſavia. Eſtando pegadas unas á otras sin anastómasis ó sin ſopapos de comunicacion forman un texido de hacecitos en forma de red cuyas mallas ſon mas largas que anchas y vienen á ſer los múſculos de los vegetales.

Los *Vasos propios* ſon tubos longitudinales pegados

á las fibras linfáticas por donde fluye la ſavia, y llenos de un jugo privativo de la planta, como lo es la leche en la higuera, la resina en los pinos, el maná en ciertos fresnos de Italia, y una eſpecie de aceyte ó miel en ciertas flores. El jugo privativo de la planta es como su ſangre, y caracteriza ſus frutos. La ſavia es como la linfa y se diſtingue muy poco del agua pura en ciertas plantas, como en la parra que llora.

El *Texido celular* es un conjunto de vexiguillas pegadas unas á otras por ſus bocas y ſus lados sin comunicacion ſensible entre sí, y ſepultadas entre las mallas de las fibras de la ſavia.

INXERTACION DE LOS ARBOLES.

544. DESCRIPCION. La *Inxertacion* en general es la union de una porcion de una planta á otra, con la que forma un cuerpo y continúa en vivir. La porcion que se une se llama *Inxerto*, y la planta á que se une *Sugeto*.

Hay muchos modos de inxertar. Se puede inxertar á pua, á corona, á cañutillo, á eſcudete y por vecindad; pero todas eſtas diferentes operaciones ſurten un miſmo efecto; á ſaber tranſportar los jugos del ſugeto al inxerto, y modificar los de aquel en los moldes de eſte. Un *Arbol silvestre* no da mas que frutos agrios y ruines; pero si se le inxiere una pua de un buen peral producirá peras muy hermoſas y de un guſto muy agradable. Por el contrario un inxerto silveſtre implantado en un árbol mas cultivado y que da frutos mas delicados no da mas que frutos agrios y silveſtres. Mediante eſta operacion de inxertar el Arte perfecciona continuamente á la Naturaleza en aquellas plantas que por la excelencia de ſus frutos y flores merecen mas la atencion de los hombres. Harémos brevemente algunas obſervaciones generales y fundamentales ſobre eſta operacion.

I.° Todos los Sugetos que provienen de pepita ó tito, por excelente que ſea el fruto que dió la pepita ó el tito ſon silveſtres, y así es neceſario inxertarlos para quitar á ſus frutos la acrimonia que tendrian sino se hicie-

ra esta operacion con la qual se consigue este efecto, porque el inxerto recibe los jugos que convienen á su naturaleza y repele los que no la convienen.

II.° El Arbol silvestre que se quiere inxertar debe ser de una naturaleza algun tanto análoga á la del inxerto que se le quiere unir. Por esta razon no conviene poner en sugetos de pepita inxertos de tito, ó al contrario; ni unir por medio del inxerto árboles cuya savia se pone en movimiento, ó que arrojan flores y dan fruto maduro en tiempos muy distantes, como ni tampoco aquellos cuya naturaleza sea demasiado diferente, ó ya por la qualidad de los jugos propios, ó ya por la dureza específica de su madera, ó ya en fin por la extructura sumamente diversa de sus cortezas.

III.° No solo se inxertan los árboles silvestres sino que tambien es útil inxertar los cultivados, pues en estos sirve el inxerto de conservar y perfeccionar el gusto de sus frutos.

El Sugeto no desnaturaliza la especie de fruto del inxerto. Un inxerto de Peral implantado en un sugeto análogo sea el que quiera, no da otro fruto que peras; pero un *Sugeto cultivado* da mas delicadeza y mejor sabor á los frutos del inxerto que un *Sugeto silvestre* de la misma especie.

IV.° Se llegó á creer por lo que decian algunos Autores de Obras de Agricultura, que se podrian lograr frutos extraordinarios y singulares inxertando ciertos árboles frutales en otros árboles no análogos; por exemplo el Peral en el Ciruelo ó la Encina, el Melocoton en el Nogal ó el Sauce, el Moral en el Membrillo ó la Higuera, y así respectivamente uniendo árboles muy diferentes. Pero la experiencia ha desvanecido estas esperanzas chîméricas.

Explicacion. Todo Inxerto es una pequeña planta perfectamente semejante por su organizacion al árbol de que se la ha cortado, por lo qual debe conservar su naturaleza primitiva aun despues de implantada en su sugeto.

I.° El *Sugeto* de una naturaleza bastante análoga á la

del inxerto chupa de la tierra mediante ſus raices en forma de Cavellera los mismos jugos nutritivos y la misma ſavia que chupaba antes de eſtar inxertado. Eſta Savia y eſtos jugos tirando á circular en la planta que les atrae y á ſubir mas arriba del punto en que se ha introducido el inxerto, hacen exfuerzo para abrirſe paſo por los vaſos así linfáticos como propios del inxerto.

Pero de eſte torrente de ſavia y jugos que se preſentan al orificio de los poros y vaſos del Inxerto ſolamente la parte análoga á la ſavia y jugos de eſte logra insinuarſe en su ſeno, filtrarſe por entre ſus vaſos, y circular y transformarſe en su naturaleza, pues la parte heterogénea de la ſavia y jugos del ſugeto es detenida y repelida al llegar á los vaſos del inxerto, ó ya por no ſer ſus poros proporcionados para admitirla, ó ya por faltarle la afinidad conveniente para atraerla. (542)

II.° Para que puedan prevalecer juntos el Inxerto y el Sugeto deben de tener entre sí cierta relacion así en su naturaleza como en el tiempo de arrojar las flores y madurar ſus frutos. La razon de eſto es fácil de comprender. Quando el ſugeto y el inxerto ſon de *naturaleza muy diferente*, el ſugeto ſolo provee al inxerto de jugos que no convienen á su naturaleza, ni ſon aptos para transformarſe en su ſuſtancia, y eſto viene á ſer lo mismo que si se quisiera mantener á un palomino ó á un pollo con heno como se mantiene á un cavallo, ó con cadáveres como los animales carnívoros.

Quando la *Savia del inxerto* empieza á ponerſe en movimiento antes que la del ſugeto, disipa el inxerto su ſubſtancia por la transpiracion sin repararla por la nutricion.

Quando el inxerto y ſugeto ſon de tal naturaleza que deben *arrojar flores* en tiempos muy diſtantes uno de otro, le faltan al inxerto los jugos deſtinados á producir las flores y deſpues los frutos en el tiempo mismo en que tiene mas necesidad de eſtos jugos, y de consiguiente debe ſer eſtéril.

Quando los *Frutos* del inxerto *maduran* mucho mas tar-

tarde que los del ſugeto, eſte que ceſa de conducir y elaborar los jugos nutritivos al mismo tiempo en que ceſaria sino eſtuviera inxertado no contribuye al inxerto con los jugos que necesita para que maduren ſus frutos. De consiguiente ó no dará ningunos, ó ſerán pocos y malos.

III.° Pero quando el Sugeto y el Inxerto ſon baſtante analogos así en su naturaleza como en el tiempo en que arrojan flores y maduran ſus frutos, se logra la ſorpreſa y el placer de ver nacer y madurar ſobre las principales ramas de un mismo ſugeto transformado en otros tantos árboles diferentes quantos ſon los inxertos que se han implantado en él, *varias Especies* de flores y frutos que harán ſucesivamente las delicias de la viſta, del olfato y del guſto.

ARTICULO TERCERO.

IDEA GENERAL DEL REYNO MINERAL.

545. El *Mineral* es un cuerpo fosil que se forma en las entrañas de la tierra, cuya extructura es enteramente diſtinta de la organizacion de los animales y vegetales, y que se forma por coagulacion y *juxta-posicion* sin vegetacion alguna intrínſeca. Tales ſon los metales, las piedras, el azufre, ciertos aceytes y betunes que se forman en el ſeno de la tierra. En general

I.° Llámanſe *Minerales* todas las ſubſtancias ſólidas ó líquidas que ſe forman sin vegetacion en las Cavernas de los volcanes, en lo interior de las minas, y en qualquiera sitio profundo de la tierra.

II.° Llámanſe *Fosiles* las ſubſtancias minerales que se extraen de las minas ó de debaxo de la tierra. *Quæcunque nascuntur in fodinis, et ex fodinis extrahuntur.*

Hay Fosiles propios de la tierra, (*Fossilia nativa*) y ſon aquellos que se forman en el ſeno de la tierra por

juxta-posicion y sin vegetacion, como son los metales, las piedras, las sales, los azufres y los betunes.

Hay tambien Fosiles extraños á la tierra (*Fossilia hetheromorpha*), y son aquellos cuerpos que habiendo antiguamente pertenecido al Reyno mineral ó vegetal han sido sumidos en la tierra en donde unos han conservado su naturaleza primitiva, y otros la han perdido petrificándose, ó mineralizándose, ó alterándose de qualquiera otro modo.

III.° Las Substancias metálicas puras se llaman simplemente *Metales*. Las substancias metálicas ligadas con materias heterogéneas que son por lo comun el azúfre y el arsénico se llaman *Metales mineralizados*.

Las materias heterogéneas que combinándose con las substancias metálicas las mineralizan, se llaman *Mineralizadores*. Y las substancias en que se forman los Minerales se llaman *Matrices*.

MINAS METALICAS.

546. Observacion. Hállanse en varios parages de las entrañas de la Tierra *Minas metálicas* de toda especie, ó Compuestos naturales que contienen los metales perfectos, los imperfectos y los semi-metales (128) ligados con varias substancias heterogéneas.

I.° Estas Mezclas que produce la Naturaleza en sus laboratorios subterráneos no tienen en lo interior de la tierra las propiedades metálicas.

Para dárselas es necesario desunir los metales de los Mineralizadores con quienes estan ligados ó combinados en la mina que les sirve de matriz, y que serpentea por lo comun por la tierra formando *Venas* y ramos de diferentes grandores y figuras. Las Venas son otro tanto mas abundantes quanto mayor quantidad contienen de substancia metálica y ménos de mineralizante.

II.° Los metales puros en su especie, metales dotados de sus propiedades metálicas, metales no mineralizados ó no combinados con substancias extrañas á su naturaleza

que se hallan á veces en las minas se llaman *Metales nativos*, por exemplo oro nativo, plata nativa, cobre nativo, pero muy pocas veces y en muy pequeña cantidad se hallan los metales en este estado.

MINAS DE PIEDRA, Ó CANTERAS.

547. OBSERVACION. En la superficie y lo interior de la tierra no se halla por lo comun otra cosa que la substancia terrea y la petrea mezcladas ó acinadas.

I.° Las *Substancias terreas* se ablandan, inflan, dividen y deslien en el agua, pueden mezclarse con ella, pero el agua nunca llega á disolverlas.

Las *Substancias petreas* tienen sus partes mas pegadas y adherentes entre sí que las terreas, y estan de tal suerte endurecidas y combinadas que se las puede meter y tener en el agua sin que se ablanden, dividan, deslien, mezclen con ella, ni sean por ella disueltas. Tal es la idea general que se puede formar de las *Piedras* para distinguirlas de la simple tierra que es su principal constitutivo.

Entre las Piedras hay unas muy febles como el Talco, otras muy porosas como la piedra Pomez, y otras muy duras como la Agata y el Diamante. Las mas bellas *Piedras preciosas* tienen una dureza tan grande que resisten al acero mas bien trabajado y templado, y no se las puede labrar sino con polvos de diamante los que se sacan frotando uno con otro dos diamantes en bruto.

Hay tambien unas Piedras que son opacas y comunes, otras que son transparentes y preciosas; aquellas tienen un grano mas grosero y heterogéneo, estas tienen un grano mas fino, á veces homogéneo y á veces heterogéneo. Ya en otro lugar hemos hablado del diamante y del cristal natural. (131.)

En general las Piedras solo se distinguen de las tierras por la dureza y ligazon de sus partes: y así se pueden distinguir otras tantas especies diferentes de piedras

quantas especies hay de tierra cuyo grano y qualidad sean diferentes ; y en otro lugar dexamos explicado el mecanismo de su formacion. (134)

548. División. Se pueden dividir las Piedras en *cinco Clases principales* segun las cinco naturalezas ó propiedades diferentes que conocemos en las piedras ; pero estas clases admiten todavia un gran número de subdivisiones que pueden servir para distinguirlas mejor.

I.° Hay *Piedras arcillosas* que no se disuelven en los áccidos y que se endurecen al fuego ordinario. En esta clase se colocan muchísimas especies de piedras que tienen bastante semejanza así por su grano como por su qualidad con las vasijas y crisoles de los Alfareros hechos de arcilla ó greda.

II.° Hay *Piedras calcareas* que se disuelven en los áccidos y se reducen á cal con el fuego. En esta clase se colocan la piedra de que se hace la cal comun, el mármol, el espato calcareo, las estaláctitas y el alabastro calcareo.

Algunos Naturalistas quieren que toda esta clase de piedras traiga su orígen de conchas petrificadas, pero acaso seria mas natural decir que las conchas mismas se forman de una substancia semejante á la de que se forman estas piedras calcareas en el seno de la tierra.

III.° Hay *Piedras hiesosas* que no se disuelven en los áccidos, y á quienes la accion del fuego convierte en hieso, materia muy diferente de la cal comun. De esta especie es una cierta materia petrea que parece no ser otra cosa que una tierra endurecida, ó que el resultado de una piedra calcarea disuelta por el áccido vitriólico, y despues endurecida y cristalizada.

Esta materia abunda mucho en varios parages en donde forma cordilleras de montañas ó colinas bastante extensas, como en las cercanías de Paris, por exemplo cerca de Montmartre.

IV.° Hay tambien Piedras ignescentes que no se disuelven en los áccidos y que echan chispas quando se las hiere con el azero templado. En esta clase se colo-

can el Pedernal, la Agata, el Jaſpe, el Diamante y el Criſtal de roca. El principio y conſtitutivo de eſta especie de piedras es una arena mas ó ménos fina, mas ó ménos pura, y mas ó ménos libremente criſtalizada (133).

En eſta claſe se comprehende la mayor parte de las *Piedras vitrificables* así llamadas porque eſtan compuestas de la tierra mas pura y mas elementar á quien los Chîmicos han dado el nombre de *Tierra vitrificable*, y es la mas apira, la que mas refracta, y es la menos fusible de todas especies de tierra.

V.° Hay en fin *Piedras fusibles* que ſe derriten por sí miſmas y sin necesidad de diſolvente con un grado de calor á que resiſten las anteriores. Las piedras de eſta eſpecie ſon muy peſadas y no hacen fuego aunque se las hiera con el eslabon.

De eſta claſe de piedras es el Espato ſelenitoso que no se diſuelve en los áccidos pero que se pone en fusion, y deſpues se vitrifica á un fuego muy violento. De la miſma ſon tambien algunas otras eſpecies de piedras que ſaben bien diſtinguir los que se ocupan en hacer el vidrio (135), y que se funden y transforman en un vidrio casi transparente sin necesitar de aditamento alguno, ó de fundente. Eſtas *Piedras vitrificables* deben sin duda su fosibilidad natural á alguna materia heterogénea que tienen unida á sí y que hace en ellas el oficio de diſolvente.

549. Nota. El *Arte de los Alfareros* es una imitacion imperfecta de la Naturaleza en la grande obra de la Petrificacion.

La materia de que se sirven para fabricar ſus obras es la Arcilla ó Greda por la propiedad que tienen eſtas eſpecies de tierra de ser fáciles de amaſar y figurar, como tambien de adquirir deſpues mucha ſolidez y dureza mediante la accion del fuego que les quita toda la humedad y da un contacto mas íntimo á todas ſus partes.

Pero como hay tantas diferiencias de tierras arcilloſas así por la finura del grano como por la afinidad

y viſcosidad de ſus partes, las obras de los Alfareros ſon unas mas, y otras ménos finas. Nadie ignora la diferiencia que hay entre los Vaſos de barro-loza y porcelana, la que únicamente consiste en que aunque todos ſon hechos de arcilla eſta es de un grano mas ó ménos fino, mas ó menos unido, eſtá mas ó menos cocida y endurecida en unos que en otros. La *Porcelana* parece que es una arcilla cocida haſta el punto de una ſemi-vitrificacion.

LA PIEDRA IMAN: LA BRUXULA.

550. OBSERVACION. La mas singular, mas útil y mas incomprensible de todas las piedras es el *Iman* que ſemejante á un genio tutelar guia á los Navegantes en los inmenſos mares, y los enſeña el rumbo que deben ſeguir aun quando les falten todas las demas luces.

El Iman es una Piedra ferruginoſa que se halla en las minas del hierro en casi todos los parages del mundo, ya de color de hierro en bruto, como en las Indias, en la China y en todos los Paiſes del Norte; ya negruzca como en Macedonia; ya algo cenicienta como en Lorena; y ya en fin de color roxizo como en Devonshire en Inglaterra. *Cinco* ſon las *Propiedades principales* que se advierten en el Iman.

I.° El Iman atrae y agarra á otro iman ó á un trozo de hierro, y *esta es su Atraccion*, que es una virtud mecánica enteramente independiente de la Atraccion así general como eſpecial.

Eſta virtud atractiva parece ocasionada por un torrente de corpúsculos que se precipita recíprocamente del Iman en el hierro, y de un Iman en otro Iman. Pero se debe convenir en que ignoramos totalmente la cauſa y el mecanismo de eſte fenómeno, y en que todos los Siſtemas que se han imaginado haſta ahora para dar razon de él son tan frívolos y tan poco ſatisfactorios que no merecen aprecio alguno.

II.° El Iman comunica y transmite su atraccion al hier-

ro á quien toca sin perder él nada de esta propiedad, y *esta es su comunicacion*, propiedad física tan real pero tambien tan inexplicable como la anterior.

Un pedazo de hierro tocado al Iman se le puede considerar como un verdadero iman, y aplicarle á producir los mismos efectos. Estas dos propiedades del Iman, á saber su Atraccion y su Comunicacion no eran desconocidas á los Antiguos.

III.° El Iman es como un pequeño mundo que tiene sus Polos y su Equador aparte. Sus dos Polos se dirigen el uno únicamente hácia el Norte, y el otro únicamente hácia Medio-dia, y en esto consiste *su Direccion*. El Iman comunica esta propiedad á una agujilla de azero que se toca á él, y que suspendida y puesta en equilibrio sobre un sosten dirige determinadamente una de sus puntas hácia el Norte y la otra hácia el Medio-dia. A esta aguja se la llama *Brúxula*, y es la que ha abierto la vasta extension de los mares á los Navegantes, á los Comerciantes y á los Conquistadores. Esta propiedad del Iman no era conocida en Europa antes del Siglo trece ó catorce.

IV.° Los Polos del Iman sea en un mismo pais, sea en paises diferentes no se dirigen constantemente hácia los mismos puntos de Norte y Medio-dia. Un Iman suspendido y dexado en libertad, y una Aguja de hierro tocada á él dirigen siempre su polo septentrional hácia el norte, y su polo meridional hácia el medio-dia. Pero esta linea de direccion declina ya hácia el Oriente, ya hácia el Occidente, ya formando un ángulo mayor y ya en fin formando un ángulo menor : *esta es su Declinacion.*

Aunque esta Declinacion varie de un lugar á otro y aun á veces de un dia á otro en un mismo lugar, se ha notado que en general la Declinacion ha sido oriental en casi todos los paises del mundo desde el año 1550 hasta 1664; que en 1666 la declinacion no era ninguna, ó lo que es lo mismo que la Brúxula se dirigia precisamente hácia los dos Polos, y que desde entonces *la Declinacion se ha hecho occidental.*

Esta declinacion occidental era en Paris de 18 grados y 30 minutos en 1763 ; de 19 grados y 45 minutos en 1771; y de 19 grados 50 ó 55 minutos en 1774 ; y así desde 1666 hasta 1774 , esto es en una duracion de 108 años parece que se aumentaba progresivamente un grado y como seis minutos en cada seis años ; pero desde 1774 hasta el presente ha cesado totalmente este aumento progresivo de Declinacion occidental , y es solo como de 19 grados y 40 minutos en Paris , lo que nos indicaria que va á hacerse retrógrada si otras observaciones hechas en Brest y en algunos otros parages no nos hiciesen presumir que continua casi en los mismos términos que antes.

Ademas de la variacion general y durable de que acabamos de hablar y que se puede mirar como fixa en todos los parages respecto de un mismo tiempo, padece la Brúxula otra *Variacion diurna* que la hace adelantarse un cierto número de minutos hácia el occidente en la mañana , y retroceder despues hácia el oriente un número casi igual de minutos por la tarde.

V.° Aunque los Polos del Iman se dirigen hácia el norte y medio-dia no se dirigen con todo constantemente y en todas partes á la altura de los polos celestes , pues baxo del Equador la Brúxula tiene su direccion con corta diferiencia en el plano del horizonte que toca en los dos polos del cielo. Pero á medida de que se acerca hácia uno de los dos polos baxa cada vez mas abaxo del polo á que se acerca elevándose proporcionalmente mas arriba del polo de que se alexa, tirando siempre á estar con corta diferiencia en el plano del horizonte , y *en esto consiste su Inclinacion.*

551. Nota. *Las Causas físicas de estas cinco propiedades del Iman* estan hasta aora, y acaso estarán eternamente ocultas debaxo del velo de la Naturaleza.

I.° Algunos Físicos han querido atribuir los fenómenos del Iman á la accion ó impulsion de un Torrente de materia magnética que suponen que circula al rededor del globo terrestre de un polo á otro en la direc-

cion

cion de los Meridianos con una declinacion variable.

II.° Pero este *Torrente magnético* cuya exîstencia está muy lexos de ser cierta y demostrada, no satisface de modo alguno á los fenómenos para cuya explicacion le han imaginado y supuesto. Pues si sin adoptar ni impugnar la exîstencia de este Torrente ó Turbillon magnético exâminamos su accion y influencia, y hallarémos que su Mecanismo físico es tan obscuro como el del Iman, ó lo que es lo mismo, que el mecanismo del Iman queda tan obscuro como antes.

¿Porque por exemplo, y en fuerza de qué principios físicos este torrente magnético tiene su direccion de norte á medio-dia mas bien que de oriente á occidente? ¿Porque este torrente magnético se introduce por un polo del Iman mas bien que por otro, sea la que quiera la situacion en que se ponga al iman tanto quando la direccion de esta piedra ó de la Brúxula es obliqüa, como quando es perpendicular á la suya? ¿Porque este torrente magnético no produce en el oro, el cobre, el mármol y la madera los mismos fenómenos que causa en el Iman y en el Hierro tocado á él? ¿Como y porqué prodigio los vientos y borrascas no alteran la direccion y accion de estos torrentes magnéticos?

De todo esto es imposible dar razon alguna física que satisfaga á un espíritu filosófico.

FORMACION DE LOS MINERALES.

552. Observacion. Algunos Físicos se han tomado el trabajo de inventar vanos sistemas para formar mecánicamente el globo terrestre tal qual se muestra en su superficie é interior á los ojos de los Naturalistas.

Esto á mi parecer es abusar de la Física la qual no debe indagar el mecanismo del Globo terrestre en su formacion primitiva, como ni el del ayre, del agua, de la luz y de los globos celestes por ser todo esto necesariamente obra de un Ser increado y criador. El *Globo terrestre* tuvo sin duda quando salió de la nada y

empezó á exîſtir, tierras, metales, piedras, plantas y animales, ó las mismas especies de ſuſtancias animales, minerales y vegetales que tiene hoy; y al Físico no le toca mas que exâminar qué revoluciones han debido padecer eſtas varias especies de ſuſtancias en fuerza de las Leyes Físicas.

Sabemos que en el Reyno animal y vegetal forma continuamente la Naturaleza nuevos individuos. ¿Procede del mismo modo en el Reyno mineral? Por exemplo, los elementos que componen las ſuſtancias animales y vegetales se transforman deſtruidos los individuos en nuevas ſuſtancias animales y vegetales: ¿Sucede lo mismo con las ſuſtancias minerales? ¿Todas las moléculas de oro, plata, cobre, hierro, plomo, arsénico, mármol, diamante, pedernal &c. que exîſten hoy en la Naturaleza han exîſtido con la misma naturaleza actual ſea esparcidas, ſea reunidas desde el principio de los tiempos? ¿O bien la Naturaleza eſtá cada dia convirtiendo en ſus Laboratorios ſubterraneos las ſuſtancias de qualquiera especie en moléculas de oro, plata, cobre, hierro, plomo, diamante &c.?

He aquí un problema curioso pero difícil de reſolver. En defecto de Experiencias en virtud de las quales únicamente podriamos decidir eſta queſtion nos atreverémos á proponer algunas reflexîones y conjeturas ſobre ella, que acaſo no dexarán de ſer intereſantes.

Proposicion I.

553. " Los Minerales que la Chîmia tiene por indes-
„ tructibles é inalterables á ſaber el oro, la plata y la
„ platina parece que no se forman de otro modo que
„ por una simple juxta-posicion de ſus partes integran-
„ tes, criadas tales desde el principio de los tiempos,
„ conducidas y acinadas por los flúidos sin que se for-
„ men nuevamente en la Naturaleza partes integrantes
„ de eſtos Minerales. „

Explicacion. I.° No parece que los fuegos y di-

folventes fubterráneos pueden tener mas fuerza y actividad en grande que tienen los fuegos y difolventes chîmicos en pequeño, pues que la Chîmia descompone y vuelve á componer los cuerpos que han sido difueltos por los fuegos y difolventes fubterráneos, y bien á menudo compone y descompone todavia mas las fustancias que ya han eftado expueftas á los fuegos mas violentos en las entrañas del Vefubio, el Ethna, y otros Volcanes cuya actividad es á la verdad fuperior á la del fuego regular de todos nueftros hornos chîmicos, pero tambien es inferior á la del fuego concentrado en los Espejos uftorios, y aun á la del fuego de algunos hornos chîmicos ayudado de la accion de ciertos difolventes.

Es así que los fuegos difolventes chîmicos no han podido jamas llegar á componer ó descomponer los Minerales que la Chîmia tiene por indeftructibles é inalterables.

Luego es verosímil que eftos minerales no padezcan composicion ó defcomposicion alguna de partes integrantes en las entrañas de la tierra. Lüego es verosímil que todas las partes de eftos minerales que exîften hoy hayan exîftido desde el principio de los tiempos.

II.° La accion de los fuegos y difolventes fubterráneos funde, divide, atenua, disperfa y mezcla de varios modos los Minerales indeftructibles é inalterables sin defnaturalizar fus partes integrantes. Luego eftos Minerales pueden y deben fer continuamente corroidos, divididos, atenuados, llevados de una parte á otra, y mezclados de mil modos diverfos por los Agentes fubterráneos, sin que fus partes integrantes pierdan su naturaleza primitiva, ó efta se altere.

Las moléculas de eftos Minerales indeftructibles é inalterables, expueftas á la accion de los fuegos que las ponen en fusion, de los áccidos que las difuelven, y de los líquidos y flúidos que las conducen puras ó mezcladas mudan de sitio y de combinacion, se juntan ó disperfan, se unen ó dividen sin mudar intrínfecamente de naturaleza, al modo que el Oro despues de haber pafado por todas las pruebas de los fuegos y difolventes

chîmicos, despues de haber estado mezclado y combinado con todas las sustancias conocidas, queda siempre oro.

De aquí, esto es de esta accion permanente de los fuegos y disolventes subterráneos proviene la disminucion ó acabamiento de estas sustancias minerales en ciertos parages, y su formacion y aumento en otros sin que con todo se formen nuevas partes integrantes de estos metales, ni sus partes integrantes primitivas perezcan ó se desnaturalizen.

El Oro por exemplo, que se saca de las entrañas de la tierra estaba en ellas desde el principio de los tiempos puro ó mezclado con otras sustancias; y el Oro que se destruye en fuerza de la frotacion en los muebles de que usamos vuelve á entrar en moléculas insensibles en las entrañas de la tierra en donde cada molécula permanece constantemente lo que fué desde el principio de los tiempos, molécula de Oro.

Proposicion II.

554. "Es verosímil que en los Minerales destructibles y alterables como son los metales imperfectos, los „ semi-metales, las piedras y los fosiles así bituminosos „ como inflamables forme la Naturaleza nuevas combi- „ naciones que destruyan y renueven continuamente las „ partes integrantes y constituyentes de estas sustancias „ minerales."

Explicacion. Los fuegos y disolventes chîmicos quitan y vuelven á nuestro antojo á los metales imperfectos y semi-metales sus propiedades metalicas, les convierten en cal, vidrio y tierra quitándoles su flogístico ó su parte inflamable, y les vuelven despues su naturaleza primitiva comunicándoles principios semejantes á aquellos que les habian quitado.

Luego los fuegos y disolventes subterráneos que igualan y freqüentemente exceden en actividad á los que por lo comun emplea la Chîmia para producir estos fenómenos, pueden seguramente causar los mismos efectos; pue-

den disolver el mármol y el pedernal, y *terrificarlos;* endurecer la arcilla, y *petrificarla* ; fundir la arena, *y vitrificarla*; quitar su flogístico á las mas de las sustancias minerales, y *calcinarlas* ; comunicar este flogístico á las tierras y cales minerales, y *mineralizarlas*, como efectivamente lo hacen y es fácil observar en las Labas, es decir en las materias de todas especies que disueltas y fundidas arrojan todos los dias los Volcanes encendidos.

Luego es verosímil que en los Minerales destructibles y alterables se formen continuamente *nuevas Combinaciones* ó nuevas partes integrantes de todas especies, por exemplo de plomo, hierro, arsénico, mármol, diamante, betun, sal &c.

CONGELACIONES Y PETRIFICACIONES.

555. OBSERVACION I. Hállanse en lo interior de la tierra á una profundidad ya mayor ya menor varias *Grutas de todos grandòres*, en que la Naturaleza obstenta mas riqueza y brillantez que puede reunir el arte en los Palacios de los mayores Potentados.

Paredes, columnas, cuerpos de toda especie formados ó cubiertos de una sustancia sólida y brillante, infinitamente variada así en su grano como en su color y ramificaciones nos presentan al parecer quanto hay demas rico y mas brillante. El oro, el mármol, el esmalte y el azul colocados con un desórden simétrico que admira igualmente al Pueblo que lo mira, y al Naturalista que lo observa parecen aquí empleados con indecible profusion ; y esto es lo que llamamos en general *Congelaciones.*

556. EXPLICACION. Estas Congelaciones en forma de mármol, cristal, piedras doradas, azuladas y transparentes de que están cubiertas ó adornadas ciertas Grutas subterráneas como las de Auxêlle en el Franco-Condado, y de San Miguel ó de Rolland cerca de Marsella son *Concreciones naturales* compuestas de sustancias terreas, petreas y aun á veces minerales de que se carga el agua al filtrarse por entre las tierras y piedras porosas, y que

se endurecen y criſtalizan con mas ó menos regularidad evaporándose el agua que las ha conducido. (133.)

I.° El *Agua así estancada como corriente* tiene una afinidad muy grande con casi todos los cuerpos de la Naturaleza (96 y 108), y así los puede diſolver ó por sí misma, ó mediante algun intermedio, y despues de haberlos diſuelto llevárſelos consigo al colarse por entre las tierras y las peñas.

El Agua de lluvia ó fuente cae gota á gota en varios puntos de una gruta ſubterránea cargada de varias partículas terreas, petreas, ſalinas, ſulfúreas y metálicas que ha ſeparado de las ſuſtancias por entre quienes ha paſado y que tiene en diſolucion.

II.° Eſta Agua que cae gota á gota en las grutas ſubterráneas y es el vehículo de muchísimas ſuſtancias heterogéneas, se deſune de ellas mediante la evaporacion, y á medida de que eſtas gotas de agua se evaporan, las partículas terreas, petreas, ſulfúreas y metálicas que tiene en diſolucion y que no pueden evaporarse como el agua se unen, criſtalizan y endurecen ſegun las leyes comunes de todas las Criſtalizaciones. (134.)

De aqui las Concreciones de todas eſpecies y figuras, ya en forma de Reverſos de lámparas cónicos ó piramidales, ya en forma de Columnas de todas figuras y grandores, y ya en fin en forma de Lobanillos abultados, redondos como las criadillas de tierra, ó de una figura ſemejante á la de la coliflor.

III.° A eſtas congelaciones se las dan nombres diferentes. Llámanſe comunmente *Estaláctitas* las concreciones ó criſtalizaciones ramoſas en forma de quillas ó de reverſos de lámparas que eſtán en lo alto de las bóvedas; y *Estalagmitas* las concreciones algo elevadas que eſtan ordinariamente ſobre el ſuelo ó pavimento de las bóvedas. Quando el conjunto de partículas terreas y petreas llega á formar una capa dura y ſólida ſobre una ſubſtancia animal ó vegetal sin penetrar en lo interior de eſta ſubſtancia, damos á eſta congelacion el nombre de *Incrustacion*.

Así pues las Eſtaláctitas, Eſtalagmitas é Inſcruta-

ciones tienen todas una mifma caufa, á faber los fucos petreos, terreos, metálicos y fulfureos que eftaban en difolucion en las gotas de agua, y que pueden libremente criftalizarfe evaporándofe efta.

Todas eftas efpecies de Congelaciones varian en su naturaleza y color fegun la diversidad de las arenas y fucos infinitamente finos que las gotas de agua tienen en difolucion y conducen á lo interior de las grutas. Varian tambien en su figura fegun la diversidad de los agujeros por donde pafa el agua, y del camino que toma para extenderfe y evaporarfe. Las Eftaláctitas eftan mas unidas porque fe forman del agua dexada á fu inclinacion natural. Las Eftalagmitas eftan mas efparramadas porque provienen de las gotas de agua que cayendo de lo alto de las bóvedas reflexan y se efparcen en pequeñas gotas. Varian en fin en grandor fegun la mayor ó menor quantidad de arena y fucos que conduce el agua, y fegun la facilidad ó dificultad que tiene el agua en evaporarfe, y las arenas y fucos en criftalizarfe. A veces las concavidades fubterraneas se llenan en todo ó en parte de eftas Congelaciones.

IV.° Quando muchos fucos petreos mas groferos y no difueltos en el agua fon conducidos fobre fubftancias vegetales, por exemplo fobre plantas ganchudas que nacen ó se pudren en un pantano se forma al rededor de eftas plantas una efpecie de criftalizacion opaca, porofa y llena de agujeros irregulares. Dáfela el nombre de *Toba*, y es una concrecion de la especie de las estaláctitas, ó por mejor decir es una eftaláctita de una especie mas grofera.

Las Tobas las vemos formar cada dia en infinitos lugares, y las hay de varias efpecies arcillofas, arenofas, de marga ó de mineral fegun la naturaleza de las fubftancias que concurren á formarlas con su juxta-posicion y criftalizacion.

V.° Mediante el mifmo mecanismo con que se forman las Congelaciones, se forman tambien los pedernales, los mármoles y toda efpecie de piedras.

Los *Sucos lapidíficos* ó petreos, conducidos por el agua y criſtalizados ſegun exîgen ſus afinidades se unen por capas, se endurecen, se aumentan en maſa y volúmen, y forman nuevas piedras y aun nuevas canteras que no exîſtian antes.

Y aun freqüentemente eſtos Sucos petreos deben su naturaleza petrea á las *Transformaciones* que han padecido en el ſeno de la tierra en fuerza de la accion de los fuegos y diſolventes ſubterráneos.

557. OBSERVACION II. Hállanſe con baſtante freqüencia en las entrañas de la tierra á varias profundidades y á veces haſta en el centro mismo de las Montañas de piedra y mármol Conchas, Vegetales y Hueſos de animales íntimamente petrificados ó convertidos en piedra conſervando toda su figura primitiva; y eſto es lo que llamamos *Petrificaciones.*

Las Petrificaciones se diſtinguen enteramente de las *Incrustaciones.* En eſtas la ſubſtancia animal ó vegetal no eſtá mas que cubierta de una capa de piedra, pero en aquellas los ſucos lapidíficos penetran la ſubſtancia animal ó vegetal en todas ſus partes, la deſnaturalizan y la convierten en verdadera ſubſtancia petrea. Entre los Animales y Vegetales que ſe hallan ſepultados en los Sucos petreos

I.° Unos no han dexado mas que la *imágen de sí mismos*; habiendo eſtado al principio cubiertos por todas partes de una arcilla blanda se han corrompido y diſuelto con el tiempo, al paſo que la arcilla que les cubria se ha endurecido y petrificado formando de eſte modo una cavidad que repreſenta claramente el animal ó vegetal que eſtuvo encerrado en ella, y cuya eſpepecie ú otra análoga ó ſemejante hallamos en la Naturaleza: y eſto es lo que llamamos *Estampas ó Piedras figuradas.*

Eſtas Eſtampas repreſentan á los ojos de los Naturaliſtas en el ſeno de las canteras hombres, aves, peces, anfibios, quadrúpedos terreſtres é infinitos vegetales diferentes unos de otros.

II.°

II.° Otros efectivamente se han *petrificado* ó convertido en piedra, y en este estado se han encontrado ciertas conchas, muchos vegetales y algunos huesos de animales.

No es difícil dar razon de este último fenómeno. En un Vegetal y en las partes duras y sólidas de un Animal hay poros por los quales se han introducido los sucos petreos que despues se han endurecido, al paso que los sucos animales ó vegetales se han escapado por el mismo camino. Este Cuerpo animal ó vegetal despues de perdidos ó disipados todos sus sucos no habrá sido al principio mas que un esqueleto descarnado, reducido primero á los filamentos mas resistentes y mas indestructibles de su fondo primitivo; y que despues se habrá quedado en nada pues estos mismos filamentos primitivos se habrán tambien destruido y corrompido con el tiempo.

De suerte que el Cuerpo animal ó vegetal petrificado no tendrá ya nada de su ser primitivo mas que la figura é imagen; pero con esta diferiencia que lo que era *poros* en el primer estado se habrá hecho *partes sólidas* en el segundo, y recíprocamente; y que este Cuerpo tendrá mucha mas pesantez en su estado de petrificacion que tenia en su estado natural, porque en las Substancias animales y vegetales hay muchos mas vacíos que llenos.

558. Nota I. No todos los Cuerpos que estan sepultados en las entrañas de la tierra se petrifican, porque para que un cuerpo se petrifique es necesario como advierte el juicioso Naturalista M. Bertrand, en primer lugar que sea de tal naturaleza que se pueda conservar largo tiempo debaxo de la tierra sin corromperse; en segundo que no está expuesto al ayre ni al agua corriente; en tercero que esté libre de las exâlaciones corrosivas, y de los disolventes destructores; y en quarto que esté puesto en un lugar donde vengan á parar vapores ó líquidos cargados, sea de partículas metálicas, sea de moléculas petreas como disueltas, los quales sin destruir

el cuerpo le penetren, le impregnen y se unan entre sí á medida de que las partes del cuerpo se disipen evaporándose: cuyas circunstancias rara vez se reunen en la Naturaleza.

Las Estampas se distinguen de las Petrificaciones, en que la Estampa es un vacío, y la Petrificacion un sólido.

559. NOTA II. Las famosas *Momias* de Egipto no tienen nada que ver con las Petrificaciones. Las Momias son Cadáveres disecados cuyas carnes y huesos ha hecho incorruptibles sin desnaturalizarlos el arte de los Embalsamadores.

Se ven Momias bastante semejantes á las de Egipto en ciertas Covachas de Tolosa cuyos vapores y exâlaciones causan naturalmente y sin arte casi el mismo efecto que producia la disecacion procurada por las sales alkalis ó por algun otro medio entre los Egipcios. Hay Momias de Egipto perfectamente conservadas aunque tienen ya mas de dos mil años. Se ignora que antigüedad tengan las de Tolosa.

PUTREFACCION, COMBUSTION, CALCINACION.

560. DEFINICION I. La *Fermentacion* es un movimiento intestino que se excita por sí mismo á un grado de calor y fluidez proporcionado entre las partes integrantes y constituyentes de ciertos cuerpos muy compuestos, de cuyos principios en fuerza de la fermentacion resultan nuevas combinaciones. El último grado de la fermentacion es la putrefaccion.

I.° La *Putrefaccion* desnaturaliza enteramente todas las substancias que la padecen de qualquiera especie que sean los principios que las constituyen, pues por la putrefaccion sus flúidos pierden su carácter distintivo convirtiéndose en alkali volatil, en aceite fétida y en tierra dexada á su inercia; su organizacion se altera y destruye, y sus vasos, fibras, tracheas, celdillas, filtros y aun el texido mismo de las partes mas sólidas se relaxan, desunen, corrompen y resuelven enteramente.

Así que los Animales y Vegetables dexan de vivir, la Naturaleza acaba ella mifma de deftruir su propia obra defcomponiendo enteramente unas máquinas que no la sirven ya para nada. Reduce pues fus materiales á un eftado femejante y comun á todos, para elaborarlos de nuevo y emplearlos inmediatamente en la organizacion de otros nuevos feres que deben tambien padecer á su tiempo las mifmas mutaciones. De efte modo, como ya lo hemos obfervado, de una perpetuidad de deftruccion refulta en la Naturaleza una perpetuidad de exîftencia.

II.° Si la Putrefaccion defnaturaliza y deftruye enteramente las fuftancias animales y vegetales, la *Fermentacion* altera notablemente su naturaleza mejorándola ó empeorándola. La Fermentacion convierte en vino los jugos del racimo, en cerveza los de la cebada y el lúpulo, en mafa de pan la harina y el agua, &c.

561. Definicion II. La *Combustion de un Cuerpo* no es otra cofa que la desunion del principio inflamable que contiene, y que es uno de fus conftitutivos. A efte principio inflamable se le llama Flogíftico. (185 y 152.)

I.° Quando un *Cuerpo* tiene mucho *Flogístico* y efte eftá en el eftado oleofo, efte cuerpo es muy combustible y así arde con una llama brillante y luminofa acompañada de humo y hollin. De efte modo eftá el flogíftico en las maderas, las resinas, los aceytes y las grafas.

La leña no arde tan bien, quando por eftar *todavia verde* tiene muchas partes aqüeas en que eftá envuelto su flogíftico, y quando por fer *ya muy vieja* ha perdido mucha parte de fu flogíftico por haberfe efte evaporado.

II.° Quando un Cuerpo tiene mucho Flogiftíco aunque no efté en eftado oleofo, y su combinacion con el cuerpo es menos íntima, efte cuerpo es tambien muy combuftible pero arde con una llama mas ligera, por lo comun menos luminofa, y nunca echa humo ni hollin. En efte eftado eftá el flogíftico en el espíritu de vino, en el azufre, en el fósforo y en el Zinc.

III.° Quando el Flogíftico de un Cuerpo no eftá en eftado oleofo y se halla en él en muy pequeña quantidad y fuertemente unido y combinado con fus principios incombuftibles, efte cuerpo no arde sino con mucha dificultad; siempre sin llama y folamente albando. En efte eftado eftá el flogíftico en los metales imperfectos, en lo negro del humo, en ciertas materias animales carbónicas, y en las cenizas de los vegetales ya casi sin flogíftico.

A medida de que un Cuerpo va perdiendo su Flogíftico, la Combuftion va siendo cada vez mas difícil porque siempre la porcion mas volátil y menos adherente del flogíftico es la que arde la primera, y ademas las partes incombuftibles retienen con mayor fuerza las últimas porciones de su flogíftico fegun la Ley comun de todas las Afinidades. (649).

IV.° Los Cuerpos privados de su Flogíftico se reducen al eftado, ó de *Cenizas* como fucede en las fuftancias animales y vegetales, ó de *Cal* como en las fustancias petreas y metálicas, ó de *Vidrio* como en la mezcla de ciertas arenas y fales.

La grande Afinidad de eftas arenas y fales que componen el Vidrio las hace contraer una adherencia que resifte á la accion del ayre, del agua, de los mas violentos corrosivos, y de los mas poderofos difolventes.

562. Definicion III. La *Calcinacion* es una operacion mediante la qual se le quitan á un cuerpo fus partes volátiles no dexándole mas que fus partes fixas todavia adherentes entre sí. Se le pueden quitar á un cuerpo fus partes volátiles, ó por una evaporacion forzada que las disipa, ó por una verdadera combuftion que las defcompone y deftruye.

Las Piedras se calcinan al fuego por la total evaporacion de su principio aqüeo. Los Metales imperfectos se calcinan al fuego por la combuftion de su principio inflamable con la qual se les priva de fus propiedades metálicas. Las partes fixas de un cuerpo se llaman comunmente *Cal* quando defpues de la combuftion

conſervan todavia cierta adherencia entre sí; y *Cenizas* quando en fuerza de la combuſtion quedan sin adherencia alguna entre sí, como ſucede con las partes fixas de las ſuſtancias animales y vegetales.

563. Nota. En la calcinacion de las Piedras y Metales se nos preſentan dos fenómenos diametralmente opueſtos. Darémos una breve idea y explicacion de ellos.

I.° La Experiencia nos enſeña que *las Piedras pierden en su Calcinacion como la mitad de su peso;* lo que indica que las piedras calcareas ſon un compueſto de materia terrea y de algunas ſuſtancias volátiles de que las priva el fuego.

La Cal viva tiene una afinidad muy grande con el agua, y de aquí proviene la efervefcencia que se origina quando la Cal viva llega á empaparſe y ſaturarse de agua, como tambien la adherencia que la Cal contrae con las arenas que eſtan empapadas en agua, de donde reſulta la dureza de la argamaſa quando estas arenas que retienen con una fuerza muy grande las últimas porciones de su agua han llegado á adquirir una union íntima con la Cal deſpoxada de su agua superabundante.

II.° Nos enſeña tambien la Experiencia que los *Metales imperfectos* (128) *lexos de perder en su calcinacion parte alguna de su peso, le tienen mayor despues de calcinados.* Por exemplo, de veinte libras de plomo que se pongan á calcinar se ſacan deſpues de la combustion y calcinacion como veinte y cinco libras de cal metálica. Eſte fenómeno singular nos demueſtra que eſte metal perdiendo su flogíſtico se carga durante su calcinacion en baſtante quantidad de una ſuſtancia extraña. Para explicar eſte último fenómeno nos valdrémos de una Obra premiada hace como unos treinta años por la Academia de Burdeos, (*) de la que tomarémos

(*) Nota. El Autor de esta Obra es el célebre P. Beraud Jesuita, Catedrático entonces de Matemáticas y Director del Observatorio en su Colegio de Leon, que murió en 1777. Se podrá tomar una idea intere-

en pocas palabras el fondo de la Explicacion clara y satisfactoria que en ella se da, á la que no hay ninguna experiencia ni descubrimiento moderno que se oponga, y que por tanto es la mejor que tenemos sobre este asunto.

564. EXPLICACION. Consta indudablemente que el ayre que vaga cerca de la superficie de la tierra está siempre cargado no solamente de *Vapores aqueos* sino tambien de *Exâlaciones terrestres* que estan en equilibrio con las varias capas de ayre en que estan colocadas, y que si adquirieran mayor peso baxarian mas abaxo, y si perdieran algo del que tienen subirian mas arriba.

Los Vapores no son mas que una agua atenuada: las Exâlaciones son partículas sumamente pequeñas de nitro, arena, betun, sales fixas y volátiles que la fermentacion hace avolar continuamente del seno de las sustancias animales, vegetales y minerales. En una sala bien cerrada en que solo penetre un rayo de luz muy brillante se ve claramente una nube de estos corpúsculos que revoletean en el ayre; de suerte que no puede haber duda alguna sobre la *exîstencia de la Causa* cuya influencia vamos á explicar.

I.° El calor del fuego terrestre ó solar de que se usa para *calcinar los Metales imperfectos* dilata y hace mas ligera la masa de ayre que toca en el metal que se va á calcinar. De esto proviene que las capas de ayre cercanas á esta, mas densas y pesadas que ella se precipiten continuamente en torrentes con todos los corpúsculos heterogéneos que contienen en el sitio que ocupa el ayre mas dilatado que toca en la sustancia metálica que está en el fuego.

Las varias capas de ayre que por su exceso de den-

resante de los vastos conocimientos y raras virtudes del P. Beraud en el Elogio histórico que hizo de él en una de las Sesiones públicas de la Academia de Leon el P. Febre del Oratorio su Sucesor, en cuyo Elogio brilla la claridad y elegancia de Fontenelle, y á veces tambien se muestran los sublimes rasgos y grandes imágenes de Bossuet.

sidad y pesantez se precipitan continuamente sobre la superficie y lo interior del Metal encendido deponen en él las sales, aceytes, arenas y demas partículas sólidas que contiene, y dilatadas por la accion del fuego son expelidas por otras nuevas capas que vienen igualmente á deponer en el metal otras sustancias semejantes, y que serán expelidas á su vez por otras capas que harán lo mismo. De aqui un *aumento real de peso* en la Cal metálica que se halla formada así de la tierra del metal como de los infinitos corpúsculos heterogéneos que precipitándose continuamente en él se unen á esta tierra metálica y se calcinan con ella.

II.° En la Calcinacion de las Piedras sucede lo mismo que en la de los Metales. El ayre se precipita continuamente en torrentes sobre las cales petreas igualmente que sobre las metálicas. Pero la diferente adherencia y afinidad de partes de los *Cuerpos calcinables* puede seguramente producir efectos muy diferentes en su calcinacion.

Las *Sustancias metálicas* tienen sin duda la propiedad que no tienen las Piedras calcareas de agarrar y retener los corpúsculos sólidos que el ayre depone continuamente en su sustancia mas tenaz y menos porosa. De aquí un aumento de peso en las sustancias metálicas que adquieren mas que pierden en su Calcinacion, y una disminucion en las petreas que perdiendo su sustancia volátil dexan escapar con ella las moléculas heterogéneas que el ayre depone succesivamente en su seno durante todo el tiempo de la Calcinacion.

III.° Quando se calcinan los Metales en Vasos abiertos, mucha parte de la sustancia volátil de los carbones se precipita en el metal que se está calcinando, y contribuye notablemente á aumentar su peso pegándose por su afinidad á la materia metálica que por su parte la retiene é impide que se evapore.

IV.° Si á un gran Tubo de vidrio D N V A se adapta y pega con betun de cal una Lente V, y se expone al *Foco de esta lente* una pequeña quantidad de plomo,

cerrando herméticamente este tubo el plomo se calcinará en fuerza de la accion del fuego del sol, y la cal que resulte será aun mas pesada que la quantidad de plomo que se puso á calcinar (*Fig.* 92.).

Pero el exceso de su peso será menor que si la calcinacion se hubiera hecho en un Vaso abierto; lo que prueba que durante la calcinacion obrada por el fuego Solar por medio del *Espejo ustorio* entran en este tubo con la materia ignea, sin duda por los poros del betun, ó del vidrio dilatados por el calor bastantes partículas heterogéneas que se precipitan en el Metal calcinado, y unen á él aunque con menos libertad y en menor abundancia que si la Calcinacion se hubiera hecho á ayre libre.

565. Conclusion. La Teoría del Globo terrestre es el Quadro filosófico que nos propusimos poner y que hemos puesto en breve delante de los ojos de nuestros Lectores en este sucinto Tratado. Esperamos que en este quadro infinitamente variado de quanto nos toca é interesa mas de cerca en la Naturaleza, se hallarán reunidas la claridad y la verdad que son las únicas qualidades en que puede y debe fundarse su mérito.

ELE

ELEMENTOS DE FISICA

TRATADO SEPTIMO.

TEORIA DEL AGUA.

En eſta Teoría del Agua nos ceñirémos á eſtablecer las Leyes de la Hidroſtática, y á hacer ver qual es el orígen de las Fuentes y de los Rios.

SECCION PRIMERA.

LEYES DE LA HIDROSTATICA.

566. DEFINICION I. La *Hidrostática* es la Ciencia que tiene por objeto la peſantez y equilibrio de los Líquidos. La *Hidráulica* la que tiene por objeto las Máquinas, mediante las que se hace uſo del peſo y presion del agua empleándoles en utilidad pública ó particular. Eſtas dos Ciencias se ayudan mútuamente. La primera ſeria poco útil sin la ſegunda: y la ſegunda obraria á ciegas sin la primera: y así de su reunion reſulta un todo igualmente luminoſo que útil. (*)

(*) Etimologia. Hidrostática: *Scientia Legum juxta quas stant et æquilibrantur Liquida.* De *hydros* aqua, agua: y de *statio*, quietud.

I.° Aunque la *Gravedad de los Líquidos* ſea la miſma que la de los Sólidos, aunque provenga de una miſma cauſa y obſerve las miſmas Leyes, el eſtado de liquidez ocasiona en ellos ciertos fenómenos particulares, que es intereſante conocer y explicar.

II.° Nos limitarémos en eſta Seccion á tratar de lo que pertenece á la Hidroſtática, porque es fácil aplicar su teoría á la Hidráulica.

Entre las *Máquinas hidráulicas* hay unas cuya construccion y accion pertenecen enteramente á la Mecánica; como ſon los Molinos de agua de que ya hemos hablado en otra parte (452). Otras hay que exîgen una conſtruccion particular como ſon las Bombas y cierta eſpecie de Fuentes; y de eſtas hablarémos en el Tratado del Aire que tiene mucha parte en su accion.

III.° Se pueden considerar las *Leyes de la Hidrostática* ó en Líquidos homogeneos y de igual peſantez específica, ó en Líquidos heterogéneos y de desigual peſantez eſpecífica, ó en Sólidos metidos en los Líquidos; y baxo eſtos tres aſpectos las vamos á exâminar y ſeguir en la Seccion preſente.

Se llama *Líquido homogéneo* un licor cuyas moléculas ó partes integrantes ſon todas ſemejantes. Tal es el agua pura.

Se llama *Líquido heterogéneo* el licor que reſulta de la mezcla de dos licores homogéneos. El agua y el vino mezclados forman un Líquido heterogéneo.

Quando se compara la accion de un Líquido homogéneo con la de otro tambien homogéneo, por exemplo del Mercurio con el Agua: eſtos dos Líquidos se tienen por heterogéneos.

IV.° Importa en eſta materia no perder de viſta las definiciones claras y preciſas que hemos dado en su lugar de la Densidad, Volúmen y Peſantez eſpecífica (202).

567. DEFINICION II. El *Nivel* es una linea ó una

Hidráulica: *Scientia Tuborum ad pressionem Acquæ aptandorum.* De *hydros* agua; y de *aulos* tibia, tubus.

ſuperficie cuyos puntos eſtan todos á igual diſtancia ſensible del centro de la Tierra.

Como la Figura de la Tierra se acerca baſtante á la figura esférica, es consiguiente que una *Linea de nivel* ſea una linea ſensiblemente circular; pero como la ſuperficie de la tierra es ſumamente grande, una linea de ciento ó ciento y diez toeſas tomada ſobre eſta ſuperficie se confunde ſensiblemente con una linea recta (*Mat.* 533.).

Segun eſta definicion *dos Líquidos estan á nivel* quando ſus ſuperficies ſuperiores eſtan igualmente diſtantes del centro de la Tierra: y no eſtan á nivel quando ſuponiéndolos á la miſma Latitud (495), la ſuperficie del uno eſtá ménos diſtante del centro de la tierra que la del otro.

Con explicar dos Axîomas, demoſtrar cinco Leyes, ſacar varios Corolarios y reſolver algunos Poblemas nos parece que darémos á eſta materia toda la iluſtracion de que es ſusceptible.

AXÎOMAS FUNDAMENTALES.

568. AXÎOMA I. *En todo Líquido sea homogéneo, sea heterogéneo las partes ó moléculas gravitan unas independientemente de otras.*

EXPLICACION. I.° Siendo gravitante el Líquido, es claro que las partes que le componen y no ſon diſtintas de él deben tener cada una su gravitacion propia, de que reſulte la gravitacion del todo.

II.° No siendo adherentes unas á otras las partes del Líquido, es igualmente claro que pueden y deben exercer su gravitacion sin depender unas de otras: pues su gravitacion no es otra coſa que su tendencia hácia el centro de la tierra; y cada molécula del Líquido gravitante tiene su tendencia particular hácia eſte centro. (411.)

III.° Los Líquidos á cauſa de la falta de adherencia de ſus partículas no reconcentran como los Sólidos su accion gravitante en un punto comun; tienen pues

otros tantos centros de gravedad quantas columnas líquidas hay apoyadas y foftenidas.

Una *Mása de agua* que cae fobre mi mano no caufa el mifmo efecto que caufaria una columna igual de hielo, porque sin contar con la division que padece la mafa de agua en su caida, ella exerce su accion gravitante fobre otros tantos puntos diftintos de mi mano quantas fon las columnas de agua que dan en ella, y por otra parte mi mano no fufre el impulfo de otras muchas columnas que se efcapan por los lados. En la caida de una *Masa de hielo* al contrario, como todas fus partes fon adherentes mi mano fufre como en un folo punto el impulfo de la gravitacion de todas ellas; porque su accion reunida en un centro comun de gravedad hace un esfuerzo comun y general contra el punto de mi mano que resifte el primero al choque.

IV.° Algunos Físicos antiguos imagináron que *los Líquidos no pesan en su elemento*: por exemplo que un pie cúbico de agua que pefa casi 70 libras en el aire no pefa una onza ni aun un grano en un lago. Lo abfurdo de efta paradoxa se ve claramente obfervando la experiencia siguiente, bien fencilla y fensible. (*Fig.* 72.)

Sea un vafo de plomo D, metido en el agua, vacío, cerrado y puefto en equilibrio en el brazo de una balanza con un pefo opuefto. Deftápefele y dexéfele recibir *un pie cúbico de agua.* En efte eftado ferá necefario añadir 70 libras en el platillo N para reftablecer el equilibrio.

Luego el Agua conferva en su elemento todo el pefo que tiene en el aire. Luego por analogía todos los demas Líquidos confervan igualmente su propio pefo en su elemento.

V.° Quando un Líquido eftá metido en un vafo, su gravitacion exterior y general es como la de los fólidos que tienen centros comunes de gravedad.

Así una libra de plomo derretido, metida en un vafo gravita fuera de la bafe que la foftiene, como lo hiciéra una libra de plomo macizo puefta en el mismo vafo. (411 y 412.)

569. Axîoma II. *Los Líquidos así homogéneos como heterogéneos pesan hácia todos lados: de arriba á abaxo, de abaxo á arriba, de derecha á izquierda, y de izquierda á derecha.* (*Fig.* 79.)

Explicacion. Todos conocen la verdad de esta proposicion fundamental. Nadie ignora que si se echa un Líquido en el punto A, en fuerza de su gravedad pasa de A á B, de B á H y á C, de B á F, de F á Z y á D; y que la columna que se eleva desde B á C ó á D debe su movimiento á la columna A S B que tira á baxar, al modo que un cuerpo puesto en un brazo de una balanza sube á pesar de su gravedad en fuerza de la gravitacion superior del peso opuesto que lucha contra él. Siendo esta Verdad tan clara y manifiesta, no nos resta hacer otra cosa que explicar el mecanismo físico mediante el qual se executa este efecto constante y uniforme en todos los Liquidos. (*Fig.* 74.)

I.° Concíbanse las moléculas de Agua, Mercurio ó qualquiera otro Líquido, como otros tantos globecitos de una tenuidad infinitamente pequeña. Estos globecitos se colocarán mediante su gravitacion particular unos sobre otros en el depósito que los contiene en un órden bastante semejante al que representa la Figura indicada: y esta gravedad junta á esta configuracion y colocacion deberá producir el *Fenómeno de la gravitacion ó presion hácia todos lados.* Por exemplo:

El globecito A haciendo empuje por su gravedad contra los globecitos contigüos los imprime un movimiento ó una tendencia á él en las direcciones A N, A M, A B, A N F, A N E, A N R, A M D, A M C, A M R.

El globecito R en fuerza de la presion de los globecitos contigüos exerce su exfuerzo y presion en las direcciones R B, R C, R E, R C M, R E N. Luego los Líquidos deben exercer su gravitacion y presion hácia todos lados.

II.° Si las moléculas ó elementos de los Líquidos no tienen como hemos supuesto, la configuracion esférica;

es cierto á lo ménos que tienen una configuracion que *los hace resvaladizos unos sobre otros* y capaces de los mismos efectos de gravitacion y presion que acabamos de explicar. Sea pues la que quiera la configuracion de estos elementos: sea su figura esférica, cilíndrica, cónica, ó piramidal, ó qualquiera otra que se les quiera suponer; es cierto é indudable que estan configurados de suerte que pueden resvalar unos sobre otros y exercer su gravitacion y presion hácia todas partes pues que la experiencia nos enseña y demuestra que esto es así.

Luego qualesquiera que sean la figura y configuracion de los elementos ó moléculas de los Líquidos, es cierto que su figura los hace capaces de los mismos fenómenos de gravitacion y presion que hemos explicado suponiéndolos de figura esférica.

III.° Algunos Físicos suponen en los Líquidos *un Movimiento intrínseco é intestino*, ocasionado ó por la materia del fuego, ó por algunas partículas de aire, ó por alguna otra materia muy sutil introducida entre sus moléculas, y que ocupe sus poros.

Pero la accion de esta materia sutil que suponen necesaria para conservar la fluidez é impedir la adherencia de los Líquidos no es la que los hace gravitar hácia todos lados; pues esta misma causa no produce semejante efecto en un monton de pólvora ó harina donde debe estar y obrar con igual libertad que en los Líquidos. Esta presion de los Líquidos hácia todas partes tiene pues por causa principal su *Pesantez propia*, proporcionada á una configuracion conveniente en sus moléculas.

570. COROLARIO. *Quando un Vaso cerrado está lleno de un Líquido; si se agujerea el vaso, é impele á una porcion del líquido, se imprime por todos lados movimiento ó tendencia á él á todas las partículas del Líquido encerrado.* (Fig. 74).

EXPLICACION. Si se agujerea el Vaso cerrado en un punto M, y se mete por el orificio cilíndrico una vara cilíndrica; el globecito M impelido por la vara

comunicará su presion á todos los demas globecitos del Líquido en las direcciones M A, M N, M R E, M R B, M R C. &c. Por consiguiente como los Líquidos son incompresibles (206), si la vara se introduce sin dexar salir parte alguna del Líquido será forzoso ó que el vaso se dilate, ó que salte por la parte mas débil. Si el Vaso resiste y se dilata, hará exfuerzo para repeler la vara con una fuerza de reaccion igual á la fuerza comprimente que la ha dilatado. Si el Vaso se abre en un solo punto F, el Líquido saldrá por él con la suma de movimiento que tiene la vara al introducirse en el Líquido. Y si la vara al meterse en el Líquido no tapa perfectamente el agujero por donde entra el Líquido impelido en la direccion M A N volverá hácia atras en la direccion N R M, y saldrá afuera por el punto M.

LEY PRIMERA.

571. *A igual distancia del Eqüador los Líquidos homogéneos que se comunican unos con otros por medio de tubos no capilares, se ponen á nivel en todas sus superficies.* (Fig. 79.)

Demostracion. Sean varios Tubos ó Canales comunicantes, de capacidad desigual y figura diferente, vacíos, y ninguno de ellos capilar. Echese agua en uno solo R H hasta que suba y se detenga en este tubo á la altura C. Abrase la comunicacion y el agua se elevará succesivamente en todos los demas tubos á igual altura: y quando se dexe de echarla se la hallará á la misma elevacion ó nivel (567) en C D en todos ellos.

I.° El agua que se echa en R tira por su gravitacion á acercarse al centro de la tierra; y como no puede conseguirlo por otro medio que haciendo elevar succesivamente en los otros tubos el agua que la ha precedido, produce este efecto mediante el exceso de pesantez que da continuamente á la columna de agua sobre que cae.

II.° Causa sorpresa á primera vista, que una *Columna pequeña de agua* C H pueda levantar las grandes Co-

lumnas contra quienes lucha ; pero esta sorpresa se desvanece quando se reflexîona que esto es una mera aplicacion del principio fundamental de toda la Mecánica , segun el qual *una masa pequeña con una velocidad muy grande puede vencer á una masa muy grande que solo tenga una velocidad muy pequeña.* (421.)

Supongamos que la capacidad del tubo C H es mil veces menor que la de los otros tres tubos juntos. El Agua que se eche en el tubo C H baxará mil lineas en su tubo quando la masa de agua mil veces mayor solo se elevará una en los demas tubos. Y así una pulgada de agua en el tubo pequeño con una velocidad como 1000 puede hacer equilibrio con mil pulgadas de agua que solo tengan una velocidad como 1 en los otros tubos.

Se ve por esto como un Pozo pequeño que comunica con un Lago inmenso por canales subterráneos hace equilibrio con toda la enorme masa de agua que lucha contra él. Suponiendo que la superficie del lago sea un millon de veces mayor que la del pozo , para que *el agua del lago* baxase algo por poco que fuese, seria necesario que imprimiese á la del pozo una velocidad un millon de veces mayor que la suya. Igualmente para que el *agua del pozo* baxase algo por poco que fuese, seria necesario que levantase una masa de agua un millon de veces mayor que ella. Hay pues entre estas dos potencias opuestas igualdad de fuerza motriz , pues de una y otra parte hay el mismo producto de la masa por la velocidad. De aquí el equilibrio. (421).

III.° La misma Ley observan, é igualmente se ponen á nivel los Líquidos sean los Tubos ó Canales de comunicacion rectos ó angulosos, ó sean perpendiculares ó inclinados al horizonte , porque la presion de los Líquidos se exerce hácia todos lados , y de consiguiente se adapta á todas las figuras de los Conductos en que pueden insinuarse. (569).

Quando de dos Tubos iguales en capacidad el uno es perpendicular, y el otro inclinado al horizonte, el Líquido debe elevarse á la *misma altura* en el uno que en

en el otro. Porque aunque la columna perpendicular Z S sea menor que la columna inclinada D F, y la velocidad ó tendencia á ella sea igual en una y otra, la columna menor Z S lucha con toda su gravedad contra la columna mayor D F al paso que ésta que está en parte sostenida por el *Plano inclinado de su tubo* solo lucha contra la otra con parte de su gravedad : de la que una parte es á toda su gravedad como la altura N D del plano es á su longitud F D. (461).

La columna inclinada F D no puede pues estar en equilibrio con la Columna perpendicular Z S sin tener tanta altura como ella. De aqui el equilibrio y el nivel entre estas dos columnas.

IV.° Quando un Líquido homogéneo ha llegado una vez á ponerse á nivel por toda su superficie, todas sus columnas quedan en reposo. La razon es porque todas estas *Columnas móviles* son como otros tantos Tubos comunicantes que dan por todas partes un mismo Producto de masa multiplicada por la velocidad, el qual debe causar el equilibrio y reposo de todas las partes.

Las capas superiores no pueden baxar mas abaxo, porque las inferiores resisten á mudar de lugar con una fuerza igual á aquella con que las superiores tiran á hacérsele mudar. De aqui el equilibrio y reposo de todas las columnas, de todas las capas y de todas las moléculas del Líquido homogéneo que debe durar hasta que alguna causa extraña venga á alterarle. (L. Q. P. D.)

572. Corolario I.° *Quando muchos Depósitos cercanos comunican entre sí, basta conocer la altura de una para conocer la de los demas;* porque el agua debe necesariamente ponerse á nivel en todas sus superficies.

Nota. I.° Los Depósitos que comunican entre sí se ponen todos *en equilibrio* aunque estén unos mas cerca, y otros mas lejos del Eqüador, como lo exîge la presion de sus columnas correspondientes.

II.° No obstante los Depósitos que comunican entre sí no se ponen todos á *nivel* ó á igual distancia del centro de la Tierra, quando tienen entre sí diferiencia consi-

derable de latitud: pues como ya lo hemos obſervado el Mar baxo de los Polos eſtá ſeis ó siete leguas mas baxo y mas cercano al centro de la Tierra que baxo del Eqüador (492).

III.° Los Depósitos que comunican entre sí se ponen á *nivel* siempre que su Latitud es la miſma, aunque la Longitud ſea considerablemente diferente. (495.)

Y aun si la Latitud es poco diferente, por exemplo de una ó dos leguas la *diferiencia de nivel* es ſensiblemente ninguna.

573. COROLARIO II.° *Hacer un Pozo en tierra ó en peña es abrir un Canal por el qual el agua subterránea se elevará á la altura de los Depósitos cercanos*, si hay algunos en las cercanías que puedan comunicar con eſta abertura. Por exemplo (*Fig.* 79.)

Si ſe quiere tener agua en el punto C cabando haſta H se tendrá un pozo en que se elevará el agua haſta C en habiendo roto la vena de agua que comunica con los reſervatorios cercanos A B, D F.

574. COROLARIO III.° *Prescindiendo de las resistencias que experimenta un Líquido encerrado, se eleva á la misma altura que tiene el depósito ó fuente de donde empieza á correr*, como lo exîge la presion de las columnas opueſtas que gravitan ſobre eſte líquido hácia todas partes.

I.° De aquí los *Chorros de agua* que ſuben tanto mas alto quanta mayor es la elevacion de los depósitos de donde viene el agua, pero á la qual nunca llegan á igualar á cauſa de la resiſtencia del ayre y frotacion de los Canales.

II.° De aquí la *Conduccion de las aguas* de un lugar á otro por medio de canales á peſar de las grandes hoyadas, pero que á cauſa de la frotacion de los canales eſtrechos jamas podrán ſubir á la misma altura que tienen en la fuente de donde nacen.

III.° Para facilitar el movimiento de las aguas en los Aqüeductos, Encañados y demas Canales por donde se quiere que corra libremente se les da comunmente á eſtos

Canales como dos líneas de inclinacion por toesa. Esta inclinacion debe de ser segun Wolfio, á lo ménos de una pulgada y á lo mas de dos sobre 400 de extension horizontal.

En los grandes canales como en los lechos de los arroyos y rios no necesita el agua para su libre curso de tanta inclinacion; pues pasando el Sena desde Paris al Mar por una extension de 900 toesas no tiene mas inclinacion que la de 21 ó 22 toesas, que será menos de un quarto de línea de caida por toesa.

LEY SEGUNDA.

575. *Los Líquidos tanto homogéneos como heterogéneos exercen su Presion así perpendicular como lateral contra los vasos ó depósitos que los contienen, no en razon de su masa sino en razon compuesta de su altura y de su base*; es decir en razon de su base multiplicada por su altura. (*Fig.* 76.).

Demostracion. Sean dos Vasos A B C y T V X de una misma base y altura, y llenos de un mismo Líquido por exemplo de agua ó mercurio. El vaso cilíndrico A B C contendrá una cantidad de líquido tres veces mayor que el cónico T V X (*Mat.* 599); y no obstante la base V X sufrirá la misma presion que la base B C, é igualmente el lado *n* X será impelido con la misma fuerza expansiva que el lado *m* B.

Proposicion paradoxal que parece á primera vista evidentemente falsa, y no obstante es incontestablemente verdadera. Vámosla á someter á la luz de la experiencia y de la teoría.

I.° *Esta segunda Ley está comprobada por la experiencia*; porque despues de haber fixado lateralmente los dos Vasos cilíndrico y cónico en un sosten proporcionado F G adaptemos á uno y á otro dos bases iguales cubiertas de una piel mojada que harémos aplicar á sus fondos iguales mediante los pesos iguales de dos palancas. Echemos despues un mismo líquido en los dos Va-

ſos. Las *Bases móviles* se abrirán, y los peſos que las aplican ſe elevarán quando el líquido eſté á una misma altura en uno y otro vaſo cónico y cilíndrico. Es así que eſtas dos baſes no se abren ni hacen ſubir á los peſos iguales P y R que les aplican contra los dos fondos sino en fuerza de la presion del Líquido contenido en los dos Vaſos ; luego la *Presion perpendicular* del Líquido contenido en eſtos dos vaſos de baſe igual es en razon no de su maſa sino de ſu altura, ó es el producto de la baſe por la altura.

Igualmente si en los puntos *m* y *n* se hacen dos agujeros iguales y en ellos ſe introducen tapones retenidos por una fuerza igual, y se echa deſpues un mismo Líquido en los dos Vaſos cuyas baſes deberán eſtar inmóviles, los *Tapones* ſerán expelidos quando el Líquido llegue á una misma altura en ambos Vaſos cónico y cilíndrico. Es así que la cauſa de la expulsion de los dos tapones es la presion del Líquido contenido en los dos vaſos : luego la *Presion lateral* del Líquido contenido en eſtos dos vaſos de capacidad desigual es en razon no de la maſa sino de la altura del Líquido.

Quanto mayor ſea la ſuperficie de la Baſe ó del Tapon menor altura necesita tener el Líquido para abrirla ó expelerle. De donde reſulta conforme á la experiencia que la fuerza que empuja contra la parte inferior ó contra la lateral de un Vaſo lleno de un Líquido es igual al producto de la baſe y altura del Líquido.

II.° *Esta Ley no es de modo alguno contraria á la teoría del Movimiento.* Para demoſtrarlo exâminemos y analizemos la accion de las Columnas flúidas en los dos Vaſos de capacidad desigual.

Primeramente en el *Vaso cilíndrico* todas las columnas ſon iguales á la columna A D. Deben pues eſtar todas en equilibrio entre sí ; y la ſuma de ſu presion ſerá el producto de su baſe por su altura. Ademas en el *Vaso cónico* la columna T S es igual á la columna A D ; debe pues eſta columna T S empujar contra su

base con otra tanta fuerza como la columna A D contra la suya. Esta columna T S del vaso cónico tiene mas altura que las demas columnas adyacentes, y no obstante estas hacen equilibrio con ella pues que la impiden que baxe en virtud de su gravedad y que las haga subir á ellas. Luego las *Columnas adyacentes* apoyadas y sostenidas en la parte inferior y colateral del vaso cónico tienen una fuerza capaz de contrarrestar la de la columna T S. Luego como iguales en fuerza á ella empujan contra los puntos de la base á que corresponden con otra tanta fuerza como ella. Luego la base V X debe ser oprimida con otra tanta fuerza como lo fuera si todas las columnas que sostiene fueran iguales á la columna T S.

Por otra parte consideremos las *Capas superiores* del Líquido en uno y otro vaso cónico y cilíndrico como que se mueven ó tiran á moverse hácia sus bases ó lados. Si estas bases y lados se abriesen ó hundiesen en fuerza de la presion del Líquido, las capas superiores se moverian ó tirarian á moverse con mas velocidad en el vaso cónico que en el cilíndrico. Luego el Líquido tiene tanta mas velocidad ó tendencia á ella en T, quanta mas masa tiene en A. Luego la *Fuerza Motriz* que no es otra cosa que el producto de la masa por la velocidad puede ser tan grande en la capa T como en la capa A. Luego las dos bases que resisten á esta fuerza motriz tendrán que sostener el mismo exfuerzo en B C que en V X.

Luego esta Ley de la Hidrostática concuerda perfectamente con la Ley fundamental de la *Estática*, segun la qual una masa pequeña con una tendencia grande á la velocidad puede hacer sobre una palanca quieta un exfuerzo igual al de una masa mayor que tenga una tendencia menor á la velocidad. L. Q. P. D.

576. Corolario I. *Quando las alturas de los Líquidos son iguales, las Presiones perpendiculares contra las bases son como las bases*; pues que las presiones son como el número de columnas que estan apoyadas sobre las bases y empujan

contra ellas. Una bafe doble padecerá una presion doble ; una bafe qúadrupla una presion qúadrupla. Lo mismo fe puede decir de los lados.

Así quando las bafes fon iguales las presiones de los Líquidos fon como las alturas.

577. Corolario II. *Quando las alturas de los Líquidos son desiguales, las Presiones perpendiculares contra las bases son como los productos de las bases por las alturas respectivas de los Líquidos que sostienen.*

Explicacion. Así en multiplicando la bafe que padece la presion por la altura del Líquido que la exerce se tendrá por producto la quantidad de la presion, y de consiguiente la fuerza que se necesita para contrarreftarla. Lo mismo se debe entender de la presion contra los lados.

Se debe dar por fupuefto que efta presion es proporcional á la densidad del Líquido que la exerce, y así que un pie cúbico de mercurio exerce una presion como catorce veces mayor que un pie cúbico de agua.

578. Corolario III. *La Columna de agua que sube sobre sí el Embolo de una bomba atraente exîge de parte de la potencia que mueve el émbolo una fuerza proporcional á la base del émbolo multiplicada por la altura del volúmen de agua que este sube sobre sí.*

Explicacion. Es indiferente que al volúmen de agua se le haga fubir por un canal mayor ó menor, inclinado ó perpendicular al horizonte ; porque la resiftencia que experimente el émbolo es igual á la presion del Líquido, y efta presion es el producto de la bafe del Líquido por su altura, qualesquiera que fean la figura y capacidad del vafo en que eftá contenido.

Quando se hace fubir un volúmen menor de agua siendo la misma la altura de la columna se imprime á cada porcion de agua una velocidad mayor ; y ya se fabe que fegun las Leyes del movimiento no se necesita ménos fuerza motriz para imprimir una velocidad como dos á una libra de agua, que para imprimir una velocidad como uno á dos libras del mifmo Líquido.

579. Corolario IV. *Un Cuerpo metido succesivamente en un mismo Líquido á diferentes profundidades padece presiones que son como las alturas del Líquido.*

Explicacion. La razon es porque un cuerpo metido en un Líquido es todo base relativamente al Líquido que carga sobre él por todas partes en todas direcciones con una fuerza que es como su altura (576).

Así un Chapuzador que baxa al agua á 1 toesa de profundidad experimenta una presion como 1; á 50 toesas de profundidad una presion como 50, con lo que queda explicado lo que sucede á algunos Buzos que van á pescar Perlas al Fondo de ciertos mares, quienes á veces padecen una presion tan grande que les hace arrojar sangre por narices y oidos.

580. Corolario V. *Si en un Depósito siempre lleno se hacen agujeros iguales á diferentes distancias de la superficie, las quantidades del Líquido que saldrán por ellos serán como las raices quadradas de las alturas del Líquido sobre estos agujeros.* (Fig. 78).

Explicacion. Sea un Vaso ó Depósito MN lleno siempre de un Líquido de qualquiera parte y por qualquiera medio que le venga, en el que se hayan hecho tres agujeros, el uno en A á un pie mas abaxo de M, el otro en B á quatro pies mas abaxo de M, y el tercero en C á nueve pies mas abaxo de M. Estos tres Agujeros darán en tiempos iguales quantidades de Líquido que serán entre sí como 1, 2, 3: ó como las raices quadradas de las alturas del Líquido que sale por ellos.

I.° En primer lugar consta por la Experiencia que esto sucede así efectivamente. El *agujero* A á un pie mas abaxo de la superficie del vaso siempre lleno M da en un tiempo determinado qualquiera una quantidad de Líquido como 1: el *agujero* B á quatro pies mas abaxo de la misma superficie da una quantidad de Líquido como 2; el *agujero* C á nueve pies mas abaxo de la misma superficie da una quantidad de Líquido como 3. Y *otro agujero* á 16 pies mas abaxo de la mis-

ma ſuperficie daria una quantidad de Líquido como 4. Y así proporcionalmente al infinito, siempre como las raices quadradas de las alturas.

Si los agujeros A B C fueran desiguales seria fácil determinar por la miſma regla la quantidad del Líquido que debe ſalir por cada uno proporcionalmente al aumento ó diminucion del canal ó agujero por donde ſale. Si el canal B fuera *doble del canal* A, la quantidad del Líquido que ſaldria por él ſeria doble por razon de su presion, y doble por razon de su capacidad; y de consiguiente qúadrupla de la quantidad que ſaldria por el canal A.

II.° En ſegundo lugar la teoría concuerda ſobre eſte punto perfectamente con la experiencia; porque siendo las presiones como las alturas (576), es claro que la presion será como 1 en A, como 4 en B, y como 9 en C. El efecto pues que reſultará de eſtas presiones proporcional siempre á la cauſa que le produce eſtará tambien en la miſma relacion; y siendo la cauſa que hace ſalir el Líquido la presion que padece, no hay mas que valuar eſta presion y ſabrémos la *Masa y velocidad* que debe tener el Líquido que ſalga.

La presion en A es como 1; ſerá pues su efecto ſobre el Líquido que ſale una fuerza motriz *como* 1 *en masa*, y como 1 en velocidad. $1 \times 1 = 1$.

La presion es como 4; ſerá pues ſu efecto una fuerza motriz en el Líquido que ſale *como* 2 *en masa*, y como 2 en velocidad. $2 \times 2 = 4$.

La presion en C ſerá como 9; será pues su efecto una fuerza motriz en el Liquido que ſale *como* 3 *en masa*, y como 3 en velocidad $3 \times 3 = 9$. Y así proporcionalmente al infinito.

581. COROLARIO VI. *Si en un Depósito de una capacidad por todas partes igual y que no recibe mas Líquido que el que tiene se hace un agujero en C para vaciarle, la quantidad del Líquido que salga descrecerá en tiempos iguales segun la progresion retrógrada de los números impares.* (Fig. 78.)

DE-

Demostracion. Consta por la experiencia que esto sucede efectivamente así. Para comprender la razon por la que así sucede, supongamos que para vaciar el Vaso M N por solo el agujero C son necesarias tres horas; digo que durante estas tres horas la quantidad del Líquido que salga por este agujero será como 5 al fin de la primer hora, como 3 al fin de la segunda, y como 1 al fin de la última.

I.° Consideremos la *Gravedad creciente* en una columna M N del Líquido al modo que la hemos considerado en el Movimiento acelerado de los Graves (366), suponiendo este movimiento dividido en partes infinitamente pequeñas. En la columna M N el primer globito ó elemento M carga sobre los demas con una gravedad = 1, el segundo con la gravedad del primero y la suya = 2; el tercero con la gravedad de los dos primeros y la suya = 3, y así progresivamente hasta el último elemento N.

Es evidente que en un Depósito de igual diámetro por todas partes, la gravedad de las capas enteras crece en la misma proporcion que la de los globitos sucesivos desde la primera ó mas alta M hasta la última ó mas baxa N, porque los todos son entre sí como sus partes semejantes.

II.° Si expresamos las *Presiones crecientes* de las capas succesivas del Líquido por las lineas de un triángulo rectángulo paralelas á la base y crecientes en la misma proporcion que las presiones sacarémos los diferentes acrecentamientos de presion en las capas del Líquido desde la superficie M hasta la base N.

III.° Como los Elementos mas baxos de las columnas salen los primeros y salen con la suma de presion que tienen, saldrán con una velocidad que corresponderá á las últimas lineas D F del triángulo D E F cuyas lineas van descreciendo desde la base D F hasta el vértice E del triángulo.

IV.° Si dividimos este triángulo en su altura D E en tres partes iguales correspondientes á las tres horas que debe durar la salida del Líquido, estas divisiones

comprenderán en el triángulo quantidades lineales que ferán entre sí yendo de abaxo arriba como la ferie retrógada de los números impares, ó como 5, 3, 1.

En la primera hora en fuerza de una presion descreciente y proporcional al trapecio D F S R faldrá del Vafo de que hablamos una quantidad de Líquido proporcionado á la fuerza expulsiva exprefada por la fuma de las lineas descrecientes que llenarian efte trapecio paralelamente á la bafe; y la quantidad del líquido que falga ferá como 5.

En la fegunda hora en fuerza de una presion siempre defcreciente y proporcional al trapecio R S X V faldrá una quantidad de Líquido proporcional á la fuerza expulsiva exprefada por la fuma de las lineas descrecientes y paralelas á la bafe que llenarian efte trapecio. Y efta quantidad ferá como 3.

En la última hora la presion y su efecto ferán exprefadas por la fuma de las lineas defcrecientes y paralelas á la bafe que llenarian el triángulo V X E; y la quantidad del Líquido que faldrá ferá como 1.

V.° Facilmente se comprehende que efta mifma teoría general es adaptable á qualquiera altura posible del Líquido y á qualquiera duracion posible de su falida por razon del acrecentamiento infinito que puede adquirir el triángulo E D F, que correfponde ó puede correfponder á qualquier altura que se quiera asignar al Vafo M N.

En todo cafo las *Presiones de las capas líquidas* crecerán como las lineas V X R S D F que correfponden á eftas capas, y de consiguiente la quantidad del Líquido que falga en tiempos iguales defcrecerá fegun la progresion retrógrada de los números impares. L. Q. P. D.

582. Corolario VII. *Una masa muy pequeña del Líquido puede producir un exfuerzo inmensamente grande contra la base y los lados de un Vaso lleno de un Líquido.* (Fig. 77.)

Explicacion. Si á un Tonel M N lleno de agua se adapta un tubo muy alto y muy eftrecho M T que co-

munique con el Líquido interior, llenando de agua este tubo se ocasionará á todo el cuerpo del tonel la misma presion que si estuviera cargado de una masa de agua semejante á la que se contiene entre sus dos bases, y de la misma altura que el Tonel y el tubo. Y así si el Tonel no está en estado de sostener esta fuerza ó presion reventará y se hará trozos.

La razon es porque los Líquidos exercen su gravitacion y presion en razon compuesta de su altura y de su base ó de sus lados, y en este caso la altura del Líquido que exerce su presion contra las bases y los lados del tonel lleno de agua se debe contar desde la punta T del tubo lleno de agua á 30, 50, ó 100 pies mas arriba del tonel.

Dos célebres Físicos Wolffio y Muskembroek habiendo echado á un tonelito la tapa superior M de hierro batido y flexîble han conseguido mediante algunas libras de agua echadas en un tubo muy largo M T hacer subir pesos de 7 ú 800 libras puestos sobre la tapa M del Tonel.

LEY TERCERA.

583. *Los Sólidos metidos en un Líquido homogéneo ó heterogéneo pierden otro tanto de su peso como pesa un volúmen igual del Líquido.*

Demostracion. Sean tres Sólidos A B D de diferente pesantez específica; el solido D mas pesado, el sólido A igualmente pesado, y el sólido B ménos pesado que igual volúmen de agua.

1.° Sea el *Sólido* D un cubo de plomo de un pie de diámetro. Es evidente que metiéndose en el agua echará de su lugar á un pie cúbico de agua.

Póngase primero en equilibrio este Cubo en una balanza á ayre libre con un peso opuesto, métasele despues en el agua y se verá que el platillo N baxa, y que es necesario para restablecer el equilibrio añadir en G ó C un peso igual al de un pie cúbico de agua.

Luego el Sólido D metido en el agua pierde una quantidad de su peſo igual al del volúmen de agua que echa de su lugar. Lo mismo se puede decir de qualquiera otro Cuerpo mas peſado que el Líquido en que se le meta.

II.° Sea el *Sólido* A un globo ó cubo igual en volúmen á un cubo de un pie de diámetro y de la misma peſantez que un volúmen igual de agua. Si quitando el Sólido D se cuelga á ayre libre de la cuerda G C, eſte Sólido A hará equilibrio con un pie cúbico de agua pueſto en el platillo N.

Quítese despues del platillo N el pie cúbico de agua; el Sólido A se meterá todo en el agua sin baxar mas abaxo de su ſuperficie, y en eſte eſtado metido todo en el agua hará equilibrio con nada en el platillo N.

Luego el Sólido A de la misma peſantez específica que el agua pierde todo su peſo quando eſtá todo metido en el agua.

III.° Supongamos que el Sólido B tenga la mitad menos peſantez específica que igual volúmen de agua. Pueſto ſobre el agua se meterá en ella haſta su centro; echará de su lugar un volúmen de agua igual á la mitad del ſuyo, y perderá todo su peſo que queda la mitad dentro y la mitad fuera del agua.

Luego el Sólido B pierde otro tanto de su peso quanto pesa la quantidad de líquido que echa fuera de su lugar: es decir en nueſtro caso que pierde todo su peso echando de su lugar una quantidad de líquido igual á la mitad de su volúmen.

Luego los Sólidos metidos en los líquidos pierden otro tanto de su peso quanto pesa un volúmen igual de líquido á quien echan de su lugar. L. Q. P. D.

584. Nota. Hemos ya obſervado que en un Líquido todas ſus columnas desde el fondo haſta su ſuperficie eſtan por todas partes en equilibrio entre sí. (571). De modo que ſegun las Leyes de la Eſtática no se puede aumentar ó disminuir la fuerza de una de eſtas columnas sin que eſte aumento ó disminucion la haga

ſubir ó baxar deſtruyendo el equilibrio. Así ſuponiendo que el cuerpo A eſté metido en un vaso lleno de un Líquido qualquiera, es evidente que se hace parte de las columnas gravitantes á quienes corresponde. (*Fig.* 77.)

Y como eſte cuerpo ó Sólido A es específicamente ó mas, ó menos, ó igualmente peſado que el Líquido cuyo lugar ocupa (202); se sigue

I.° Que si el Sólido A es específicamente mas peſado que el Líquido en que eſtá metido *debe baxar al fondo.*

II.° Que si el Sólido A es específicamente mas ligero que el Líquido en que eſtá metido *debe subir hácia su superficie.*

III.° Que si el Sólido A es específicamente tan peſado como el Líquido en que eſtá metido *debe mantenerse inmóvil sin subir ni baxar en el punto de hundimiento en que se halle colocado.*

Para comprehender la razon en que se fundan eſtos tres Corolarios baſtará atender á que los globitos líquidos ſuperiores *a a*, *c c* en fuerza de ſu gravitacion propria y de la gravitacion de las columnas Líquidas que les dominan, tiran á apartarſe al paſo que los globitos líquidos inferiores *n n* y *r r* tiran á acercarſe en fuerza de la misma gravitacion. Tirando á acercarſe los globitos líquidos inferiores impelen al Sólido A á que ſuba, y le impelen con una fuerza que es ó igual, ó menor, ó mayor que la fuerza opueſta con que resiſten á la ſuya los elementos iguales y ſemejantes del Sólido A.

585. Problema I. *Hallar la relacion de pesantez específica entre un Sólido y un Líquido.*

Solucion. Sea un Sólido de una figura qualquiera cuya peſantez especifica (202) ſe quiera comparar con la del agua, vino, aceyte, ó qualquier otro Líquido ménos peſado que él. Se ſupone que eſte Sólido no ha de ſer una materia esponjoſa que pueda admitir en ſus poros una porcion de Líquido, ni una materia diſoluble que pueda introducirſe en los poros del diſolvente, ó admitir al diſolvente en ſus poros. (*Fig.* 72).

I.° Cuélguese el Sólido D mas pesado que el Líquido del brazo G de una balanza muy exâcta inmóvil con una cerda, ó si el cuerpo D es muy pesado con un alambre que se haya antes puesto en equilibrio con el platillo opuesto N.

Pésese primero en el ayre el sólido D colgándole en C y poniendo en el platillo N un número de pesos conocidos de onzas ó granos, con el que se haga un perfecto equilibrio entre el peso que sostiene el platillo N y el sólido D colgado en el ayre en C. De este modo se habrá averiguado la *pesantez absoluta de este sólido* pesado en el ayre.

II.° Póngase debaxo de la balanza F G colgada de un gancho un Vaso lleno de un líquido qualquiera ménos pesado que el solido. El Sólido D se hundirá en el Líquido perdiendo una quantidad de su peso igual al peso del Líquido que echa de su lugar, y cuyo volúmen es igual al suyo.

El Sólido D metido en el Líquido no hará ya equilibrio con el platillo opuesto N, y será necesario quitar de éste un cierto número de pesos para restablecer el equilibrio. Pues el peso que es necesario quitar al platillo N para restablecer el equilibrio es la *Pesantez absoluta de un volúmen de Líquido* igual al volúmen del Solido.

III.° Hágase pues esta proporcion; el peso del Sólido pesado en el ayre es al peso que pierde pesado en el Líquido, como la pesantez especifica del Sólido es á la pesantez específica del Líquido, y se hallará la relacion de pesantez específica entre el Sólido y el Líquido de que se trate.

Por exemplo supongamos que una masa de cobre puro, qualquiera que sea su figura pese 18 onzas en el ayre y solo 16 en el agua, se hallará que la pesantez específica del Cobre puro es á la pesantez específica del agua como 18 es á 2, ó como 9 es á 1.

Por el mismo medio se hallará la *Relacion de pesantez* entre una masa de oro macizo y un volúmen igual

de agua ; entre una masa qualquiera de plata maciza pura ó con liga, y un volúmen igual de agua; y así proporcionalmente entre otros Sólidos y otros Líquidos.

586. PROBLEMA II. *Explicar porqué una Barca ó un Navio sobrenadan.*

SOLUCION. I.° Un Sólido no puede hundirse enteramente en el agua sin echar de su lugar y hacer subir un volúmen de agua igual al suyo. Luego si la Barca ó el Navio tienen ménos pesantez específica que un volúmen igual de agua deben sobrenadar.

II.° Las Barcas y el Navio á causa de su capacidad vaciá corresponden á un volúmen muy grande de agua, en la que de consiguiente no pueden enteramente hundirse á no ser que se les cargue de un peso á lo ménos igual al volúmen de agua que hubieran de echar de su lugar si se hundiesen.

Luego mientras que el peso de la Barca y del Navio sea menor que el de un volúmen de agua igual al suyo deben sobrenadar y no hundirse mas que una quantidad que sea á todo su volúmen, como la masa de agua que echan de su lugar y hacen subir en fuerza de su pesantez es á toda la masa de agua que echarian de su lugar y harian subir si se hundiesen enteramente (584).

III.° Quando el agua se introduce en el Navio y llena su capacidad, el Navio se hunde, porque el peso del agua introducida en él junto con el de las materias que le constituyen y de que está cargado compone un peso específicamente mayor que el de un volúmen igual de agua.

IV.° Quando un Navio en tiempo de tempestad es combatido por olas enormes que descargando sobre él como montañas bramantes le sepultan en el seno de los mares y abismos, pasado el golpe vuelve el Navio á subir sobre la superficie del agua y recobra su equilibrio porque estando cerrado por todas partes como un tonel, el agua no puede introducirse en su capacidad ; y así aunque sumergido en el seno de los mares es mas leve que igual volúmen de agua.

De consiguiente las Columnas líquidas de que hace parte el Navio sumergido son ménos pesadas que las columnas adyacentes, y asi estas en fuerza de su exceso de pesantez le impelen hácia la superficie del agua (584).

V.° Quando los vientos y las olas ladean ó trastornan un Navio, pasado el golpe recobra éste su equilibrio porque el *Centro de gravedad* que reside un poco mas arriba del medio de la Quilla inclinado en una direccion qualquiera hace un exfuerzo violento para volverse á poner en la linea perpendicular al horizonte (441), ó en la línea por la qual toda la masa del Navio gravita hácia el centro de la tierra de la que el golpe de las olas ó vientos le habia apartado.

A fin de dar mayor fuerza á este Centro de gravedad (412) y de acercarle lo mas que es posible á la Quilla se carga el fondo del Navio de materias muy pesadas; lo que se llama *lastrar el Navio.*

587. PROBLEMA III. *Explicar el movimiento de los Peces en el agua.*

SOLUCION. I.° Los mas de los Peces tienen una cola y unas aletas que mueven con una rapidez muy grande. Esta cola y aletas hacen en los Peces el oficio de remos, pues hiriendo el agua con mas ó ménos fuerza empujan ó repelen el cuerpo del Pez en una direccion opuesta á la percusion.

II.° Los mas de los Peces de que se ha hecho anatomía tienen unas Vegigas aereas que inflan y comprimen segun les hace al caso. *Inflándolas* se dan un volúmen mayor y se hacen específicamente mas leves que el agua y así son llevados hácia la supeificie por solo el peso del agua. *Compriméndolas* se dan un volúmen menor, se hacen específicamente mas pesados que el agua, y así son llevados hácia el fondo por su exceso de pesantez sobre el agua. (584).

El impulso de su cola y aletas contra el agua que les sirve de punto de apoyo aumenta la rapidez del movimiento que debe baxarlos hácia el fondo ó subirlos hácia la superficie del agua segun su deseo é instinto

que

que pone en accion el mecanismo de sus músculos y nervios.

588. Problema IV. *Explicar el movimiento de los Nadadores.*

Solucion. I.° El Cuerpo humano tiene muy poca mas pesantez específica que el agua. No se necesita pues mas que una pequeña fuerza para sostenerle sobre ella ó impedirle que se hunda, pues que solo en virtud del exceso de pesantez específica que tiene sobre un volúmen igual de agua tira á baxar al fondo de ella.

II.° Extendiéndose el Nadador horizontalmente sobre la superficie del agua y dilatando quanto puede sus pulmones corresponde al mayor número posible de columnas líquidas propias para sostenerle. No obstante se hundiria en fuerza de su pequeño exceso de pesantez específica sino llamase en su ayuda al Arte ó á la Naturaleza.

III.° El movimiento de pies y manos les sirve á los Nadadores de lo que el movimiento de los remos á los Barqueros, y el de las aletas á los Peces. Hiriendo rápidamente el agua los Nadadores con los pies y las manos en una direccion perpendicular al horizonte imprimen continuamente á su cuerpo un *Movimiento vertical* que destruye á cada instante el movimiento central que le ocasionaria su exceso de pesantez específica sobre el agua. De aqui su suspension sobre ella. Como el agua herida rápidamente sirve á los Nadadores de punto de apoyo, si es herida por exemplo de derecha á izquierda les imprime un movimiento de izquierda á derecha. De aqui su movimiento sobre el agua en todas direcciones (302).

Para hacer mas sensible la *accion de los Nadadores* supongamos un hombre sentado ó echado de bruces sobre el platillo de una balanza grande móvil hácia todas partes y elevado un pie sobre el suelo, y que este hombre pesa 150 libras, y el platillo opuesto solo está cargado de 145. Es claro que el platillo en que está opuesto el hombre debe tirar hácia el suelo en fuerza de su exceso de pesantez que es de *cinco libras*, pues el resto

de su peso es deftruido por el peso opuefto.

Pero si efte hombre da continuamente en el fuelo con los pies ó con las manos se imprimirá á sí mismo un *movimiento opuesto á su gravitacion*, el qual le foftendrá en el ayre fobre el fuelo y le hará mover á derecha ó izquierda siempre en una direccion opuefta á la percusion, ya perpendicular, ya obliqüa al horizonte. He aqui la imágen de un Nadador tendido fobre el agua: con la accion de fus pies y manos deftruye continuamente su exceso de gravitacion ó pefantez, y se da á sí mismo todos los movimientos que quiere.

IV.° Pero si la falta de fuerza en el Nadador ó algun otro accidente funefto impide y fuspende el movimiento necesario para foftenerle y conducirle fobre el agua, en efte caso entregado á el exceso de pefantez específica á quien nada se opone ni deftruye, se hunde y se aoga.

V.° Es mas fácil nadar *en el Mar* que en un Rio; porque siendo baftante mas pefada el agua del mar que la de los rios hace equilibrio con una parte mayor de la pefantez del Cuerpo humano, y dexa al arte y exfuerzo de los Nadadores ménos peso que foftener. Por exemplo fupongamos que un Nadador que pesa 150 libras echa de su lugar y hace fubir metiéndose en el agua dos pies cúbicos de agua y que el pie cúbico de agua de mar pesa 73 libras al paso que el de rio no pesa mas que 70.

Efte Nadador metido en agua de rio perderá 140 libras de su peso y le quedarán 10 que foftener con su arte. Metido en agua de mar perderá 146, y folo tendrá que foftener *quatro libras*. Necesitará pues ménos exfuerzo para foftenerse fobre el agua de mar que fobre la de rio.

VI.° En general los Hombres y Animales nadan con tanta mas facilidad quanto eftan mas gordos; porque baxo de igual volúmen las grasas pefan ménos que los huesos, y así una persona se acerca tanto mas á la pefantez específica del agua quanto tiene ménos hueso y mas grasa.

589. Nota. Conviene hacer aquí ſobre los Ahogados por el agua dos obſervaciones generales que pueden interesar igualmente á la Física y á la Humanidad.

I.° Los Anegados no se aogan por el agua que tragan porque es muy poca la quantidad de agua que entra en su eſtómago y ninguna abſolutamente la que se introduce en su pecho; lo que les hace perecer es la ſufocacion ó falta de respiracion; pero no todos los Anegados mueren con igual prontitud. Se han viſto algunos que despues de haber eſtado debaxo del agua 12, 15, y aun 20 horas han sido ſacados muertos en apariencia pero vivos en realidad.

II.° Aunque el aire ſea necesario para la conservacion de la vida animal, la quantidad del que se halla encerrado en los pulmones de los Anegados es capaz de conſervar á veces un débil movimiento en el corazon y una lenta circulacion en la ſangre. De aqui un principio de vida que ſolo necesita de ſer ayudado y fortificado para volver á poner en movimiento y accion todo el mecanismo físico del Cuerpo humano y reſtablecer en él en poco tiempo toda la economía animal.

Por eſto se echa de ver quan importante es no perder muy pronto las esperanzas de que vivan los Anegados. Es cierto que en eſte punto se tienen freqüentemente por muertas Personas que no lo eſtan y que ſolo perecen por falta de auxîlio. Dexamos á las Personas experimentadas el cuidado y obligacion de enseñar al Público quales ſon los remedios mas eficaces para eſta especie de accidentes.

590. Problema V. *Explicar porqué es tan fácil subir hasta la superficie del agua ciertos Cuerpos sumergidos en ella* (Fig. 72.)

Solucion. I.° Sea una *Herrada grande* D cuyos árcos ſean de hierro, que tenga respecto del agua un exceso de pesantez igual á 10 libras: echada en un pozo se irá al fondo.

Aunque ſupongamos que eſta Herrada tanto por su propio peso como por el del agua de que se llena pe-

se fuera del agua dos quintales, para ſubirla haſta la ſuperficie del pozo baſtará una fuerza igual á 10 libras. La razon es porque el reſto de su peso le suben en fuerza de la presion que hacen por todas partes las Columnas líquidas adyacentes (584).

Pero para ſubir eſta misma Herrada llena igualmente de agua mas arriba de la ſuperficie del pozo ſerá neceſaria una fuerza igual á 200 libras; porque en eſte caso falta el auxîlio de las Columnas de agua que no obran ya contra la Herrada elevándola ó ſoſteniéndola ſobre la ſuperficie del agua.

II.° Sea un *Pie cúbico de estaño* metido en un pozo, y atado de una cuerda. Eſte Pie cúbico de eſtaño que pesa á ayre libre unas 512 libras perderá en el agua 70 libras de su peso, y le recobrará todo en ſacándole de ella. Luego la Potencia que haga exfuerzo para levantarle tendrá que vencer 70 libras mas quando el cubo de eſtaño D pase del agua al ayre.

LEY QUARTA.

591. *Si se mezclan juntos varios Líquidos de diferente pesantez específica y que no tengan una afinidad considerable uno con otro, estos Líquidos se separan en fuerza de su diversidad de pesantez.*

El mas pesado se coloca en el fondo, el mas leve á la superficie, y lo demas entre medias segun el órden de sus diversas pesanteces específicas.

Demostracion. Si en una misma Botella de vidrio se mezclan y agitan juntos mercurio, aceyte de tártaro, espíritu de vino, espíritu de trementina, y ayre.

I.° Quando dexando quieta la botella, eſtos Líquidos ó Flúidos de diferente peſantez no tengan ya mas movimiento que el de su gravitacion propia se ſepararán y colocarán en capas concéntricas uno ſobre otro ſegun el orden de sus peſanteces especificas. El Mercurio en el fondo, ſobre él el Aceyte de tártaro, despues el Espíritu de vino, luego el de Trementina, y ſobre todos el Ayre.

Y si se ladea ó pone boca abaxo muchas veces la Botella agitándola, luego que se la dexa quieta cada uno de estos licores vuelve á tomar el mismo lugar; pero el mercurio y aceite de tártaro mas pronto que los demas. Luego la experiencia comprueba y demuestra esta quarta Ley de la Hidrostática.

II.° La razon de estos Fenómenos es porque teniendo cada Elemento de estos diferentes Líquidos su gravitacion aparte, y siendo ésta diferente en cada especie de líquido el elemento mas pesado tira á baxar con mas fuerza que el que lo es ménos (584), y por su exceso de pesantez fuerza á éste á que suba hácia la superficie.

Luego mezclados juntos varios Líquidos de diferente pesantez específica y que no tengan entre sí una afinidad considerable, por mas que se les agite se separan y colocan segun el órden de sus diferentes pesanteces. L. Q. P. D.

592. Nota. Hay ciertos Líquidos de diferente pesantez específica que íntimamente mezclados entre sí no se separan unos de otros. La razon es porque estos Líquidos tienen mútuamente una *Afinidad* ó Atraccion especial que déstruye la fuerza con que su diferente pesantez tira á separarlos; por exemplo

I.° El Oro y la Plata fundidos en un mismo crisol permanecen unidos y mezclados en el estado de liquidez del mismo modo que lo estaban en el de solidez, y no se separan con tal de que se les dexe enfriar sin moverlos.

La Afinidad ó Atraccion especial que tienen entre sí las Moléculas de oro y plata tiene mas fuerza para mantenerlos unidos, que su diferente pesantez para separarlos. Y así únicamente por medio de Menstruos ó Disolventes se puede conseguir la separacion de estos dos Metales ligados entre sí. (117)

II.° El Agua es un poco mas pesada que el Vino. Si las dos capacidades de un *Vaso de dos fondos* que solo comuniquen entre sí por un pequeño agujero se llenan,

la capacidad inferior de vino, y la ſuperior de agua, se verá á eſtos dos Líquidos trocar de lugar. Se verá baxar una columna de agua, y ſubir otra de vino paralelamente por el pequeño agujero de comunicacion haſta que el agua haya ocupado todo el lugar que ocupaba el vino. Las columnas de agua como que ſon mas peſadas que las de vino fuerzan á eſtas á ſubir hácia la ſuperficie.

Pero si eſtos dos Líquidos llegan á mezclarse íntimamente entre sí, ſus elementos unidos contraen una adherencia que hace que el exceso de peſantez de los unos no ſea ya capaz de ſepararles de los otros, ó que ſolo les ſepare muy imperfectamente y con mucha dificultad.

III.° Aunque ciertas Sales tengan mucha mas peſantez específica que el agua, no obſtante no se ſeparan del agua en fuerza de su peſantez específicamente mayor, porque la *Fuerza de afinidad* entre el agua y eſtas ſales es mayor que la que proviene del exceso de peſantez de eſtas ſales ſobre la del agua (105).

LEY QUINTA.

593. *Si en Tubos comunicantes y no capilares se echan Líquidos de diferente densidad ó pesantez específica habrá equilibrio entre las columnas opuestas quando sus alturas estén en razon inversa de las pesanteces específicas de los Líquidos.* (Fig. 75).

Demostracion. Sean dos Líquidos cuyas peſanteces específicas ſean entre sí con corta diferiencia como 1 á 14, el Agua y el Mercurio. Sea tambien un Tubo encorvado A B C D abierto en A y D, de igual diametro por todas partes, y perpendicular al horizonte.

I.° Echeſe primero una quantidad indeterminada de mercurio en B H C, y despues écheſe por A una quantidad de agua ſuficiente á hacer ſubir el mercurio haſta D á un pie mas arriba de la baſe B C.

En eſte Experimento se hallará que la *Columna* C

D *de mercurio* de un pie de altura hace equilibrio con una *Columna de agua* A B de 14 pies de altura con corta diferiencia. El Líquido 14 veces mas leve tiene una altura 14 veces mayor, y el Líquido 14 veces mas pesado una altura 14 veces menor. Luego hay equilibrio entre dos Líquidos de desigual pesantez quando sus alturas estan en razon inversa de sus densidades ó pesanteces específicas, como lo acabamos de proponer en esta quinta Ley.

La razon es porque estas dos Fuerzas opuestas A B y D C tienen una misma masa y una misma velocidad, ó una misma tendencia á ella, y así deben estar en equilibrio por la misma razon porque una libra de plomo puesta en el platillo de una balanza hace equilibrio con una libra de corcho ó algodon puesta en el platillo opuesto.

II.° Si los dos brazos A B y D C del Tubo son de capacidad desigual habrá todavia equilibrio entre las Columnas de agua y mercurio siempre que la columna de agua sea como 14 veces mas alta que la de mercurio. La razon es porque quanto una de las dos columnas pierda de masa en un tubo mas estrecho, otro tanto ganará en velocidad ó en tendencia á ella (571).

Si la Columna C D de mercurio está contenida en un tubo de una capacidad 20 veces menor que la del tubo A B; esta columna C D tendrá que moverse y baxar con 20 veces mas velocidad que la columna opuesta A B. Ganará pues aumentándose su velocidad ó tendencia á ella, lo que pierde disminuyéndose su masa. De aquí el equilibrio entre estas dos Columnas fixamente al mismo punto de altura en que deben estar en equilibrio quando son de igual diámetro.

III.° Si en varios Tubos comunicantes se echan Líquidos de diferente pesantez específica de mercurio en R H, de agua en A B, de aceyte en Z S, y de espíritu de vino en D F habrá *equilibrio entre todas estas Columnas* quando cada una de ellas tenga otra tanta mas ó menos altura perpendicular quanta mas ó menos pesantez específica tenga el Líquido que la forma. (*Fig.* 79.)

La Columna de mercurio tendrá como 14 veces menos altura que la del agua. La de agua un poco menos que la de aceyte, y la de aceyte un poco menos que la de espíritu de vino.

La razon es porque no puede haber equilibrio entre todas estas fuerzas ó Potencias opuestas sino en el caso de que el producto de la masa por la velocidad sea igual en cada una de ellas, y este producto de la masa por la velocidad no puede ser igual en todas estas columnas opuestas sino en el caso de que la desigualdad de densidades ó pesanteces específicas sea compensada con la desigualdad de las alturas.

Luego las Columnas opuestas de Líquidos de diferente densidad ó pesantez específica echados en Tubos comunicantes y no capilares estarán en equilibrio entre sí quando sus alturas esten en razon inversa de las pesantezes específicas de los Líquidos. L. Q. P. D.

594. Nota. En otra parte harémos ver que el *Ayre es un flúido sujeto á las mismas Leyes que los Líquidos*, que carga hácia todas partes en razon compuesta de su altura y de su base, y que una Columna de ayre hace equilibrio por su pesantez propia con una Columna de mercurio de unas 28 pulgadas, ó con una de agua de unos 32 pies de altura. (628, 634 y 637).

FENOMENOS DE LOS TUBOS CAPILARES.

595. Definicion. Llámanse *Tubos Capilares* unos tubos que tienen muy poco diámetro, ó cuya canal es muy estrecha. Dáseles este nombre sin duda por la semejanza que pueden tener con las Cerdas ó Cabellos que son como canales huecos en toda su longitud, y capaces de dar paso á ciertos humores: *Tubi capillorum instar tenues.* Pero no se ha de inferir de esta comparacion que todos los Tubos capilares deban tener la delgadez y disposicion de una cerda ó un cabello.

1.° El *grueso de los Tubos capilares* no necesita ser ni con mucho tan pequeño como el de una cerda ó un

un cabello. Los que ſe emplean por lo comun en las Experiencias ſon mucho ménos delgados, y aun se advierten los efectos que ſon propios de eſtas eſpecies de tubos aunque tengan dos lineas y aun dos lineas y media de diámetro vacío.

II.° La *disposicion de los Tubos capilares* es enteramente indiferente: dos Planos de cobre, mármol, vidrio, ó de qualquiera otra materia acercados uno á otro á una diſtancia proporcionada producen los miſmos efectos que una ſerie de Tubitos aislados, y aun todos los Cuerpos eſponjoſos ó baſtante poroſos para dar paſo á los Líquidos pueden ſer mirados como conjuntos de Tubos capilares.

Como parece que los efectos de los Tubos capilares *no guardan algunas Leyes fundamentales de la Hidrostática*; y que su Mecanismo físico influye muchísimo en la vegetacion de las Plantas, es ſumamente importante dar una idea clara y preciſa de su naturaleza y efectos.

596. Experiencia I. Sea un Baño baſtante hondo lleno de agua, vino, aceyte, ó qualquiera otro Líquido excepto el mercurio y los metales fundidos.

I.° Si en eſte Baño se mete un *Tubo no capilar* abierto por ambas extremidades, el Líquido ſube en eſte tubo á la miſma altura que tiene en el baño, ó se pone á nivel en el baño y en el tubo; lo que concuerda con la primera Ley de los Líquidos que queda expueſta (571).

Pero si en el miſmo Baño se mete un *Tubo capilar*, el Líquido ſube en él mas arriba del nivel que tiene en el baño, lo que indica evidentemente que en el Tubo capilar influye una *Causa física* conocida ó no conocida que no obra en el Tubo no capilar.

II.° Si en el miſmo Baño se meten *dos Tubos capilares* de diámetro y capacidad desigual, el Líquido sube en uno y otro mas arriba del nivel que tiene en el baño.

Pero la *elevacion del Líquido mas arriba del nivel que tiene en el baño* es tanto mayor quanto menor es el diá-

metro vacío del tubo. De modo que parece que es en razon inversa de los diámetros ; por exemplo dos veces mayor en un tubo cuyo diámetro es dos veces menor.

III.° Para que el Líquido del baño suba en los Tubos capilares sobre el nivel que tiene no es necesario introducir los Tubos en el Líquido , pues basta que toquen á su superficie.

597. EXPERIENCIA II. Si se mete igualmente *un mismo Tubo capilar* en diferentes Líquidos, por exemplo en orina , espíritu de vino , espíritu de nitro , agua salada y aceyte de vitriolo , la orina subirá sobre el nivel que tiene en el baño mas que el aceyte de vitriolo ; éste mas que el agua salada ; ésta mas que el espíritu de nitro ; y éste mas que el espíritu de vino.

De donde resulta que estos Líquidos no suben en los Tubos capilares en razon inversa de su densidad; pues el espíritu de vino que es el mas leve de todos ellos es el que sube ménos.

598. EXPERIENCIA III. Sean varios Tubos que comuniquen entre sí , de los que solo uno R H sea capilar. (*Fig.* 79).

I.° Si se echa agua , vino, aceyte , ó qualquiera otro Líquido semejante en el tubo A, Z, ó D, el Líquido se pondrá á nivel en los tres Tubos no capilares A, Z, D.

Pero en el *Tubo capilar* R H subirá sobre su nivel C D, y subirá otro tanto mas arriba de él , quanto mas pequeño sea su diámetro.

II.° Si en vez de los Líquidos de que acabamos de hablar se echa Mercurio en el tubo A ó Z, este Líquido se pondrá á nivel en los tres Tubos no capilares A, Z, D.

Pero lexos de subir en el *Tubo capilar* R H sobre el nivel C D ni aun llegará al punto C, sino que quedará otro tanto mas abaxo de este punto quanto menos diámetro y capacidad tenga el Tubo capilar.

Lo mismo sucederá si en vez de mercurio se echa en los Tubos no capilares Estaño ó Plomo derretido; y es mas que verosímil que con los demas Metales derreti-

dos ſucederia tambien lo mismo que con el eſtaño y el plomo.

599. Asercion. *Los Fenómenos de los Tubos capilares provienen de una Causa física conocida ó desconocida que altera la simple y quieta gravitacion de los Líquidos en ellos.*

Demostracion. Segun las Leyes de la quieta y simple gravitacion de los Líquidos todos los Líquidos homogéneos deben ponerſe á nivel (571 y 584).

Luego los Líquidos que ſe colocan mas arriba ó mas abaxo del nivel deben forzoſamente ó ſer elevados ſobre el nivel por una Cauſa que les haga ſubir ayudando en eſto á la gravitacion de las Columnas opueſtas, ó ſer detenidos debaxo del nivel por una Cauſa que luche contra la gravitacion de las miſmas Columnas, qualquiera que ſea en sí miſma eſta Cauſa conocida ó desconocida, única ó no única. L. Q. P. D.

600. Nota. Como acaſo no eſtá todavía ſuficientemente conocida, ó ſuficientemente deſcubierta y determinada la *Causa física* que produce los Fenómenos de los Tubos capilares no nos detendrémos á hablar de ella en eſte Compendio. El que quiera puede ver lo que decimos ſobre ella en nueſtro Curſo completo de Física.

SECCION SEGUNDA.

Origen de las Fuentes.

601. Observacion. Las *Fuentes* forman los arroyos, los arroyos forman los rios, los rios van á deſaguar en los mares, reparando así en ellos las pérdidas que les cauſa la evaporacion.

¿ Pero en donde eſtan éſtos *Depósitos eternos é inagotables* que deſde el principio de los tiempos abaſtecen de su plenitud de aguas siempre nuevas á eſta prodigioſa multitud de rios inmenſos que deſpues de ha-

ber fertilizado los vaſtos paiſes de todo el mundo conocido van á perderſe y abiſmarse para siempre en el avaro Occeáno ?

He aqui el objeto de la intereſante expeculacion que ha excitado siempre la curiosidad de los hombres acoſtumbrados á reflexîonar, y ſobre la que se han formado varios Siſtemas que tienen por baſa la Deſtilacion, la Filtracion y la Evaporacion de las aguas del Mar.

Sistema de la Destilacion.

602. Sistema I. Deſcartes hizo al Globo terreſtre un Alambique chîmico (170) deſtinado á *destilar* continuamente las aguas del Mar.

El Centro de la Tierra fué para Deſcartes un *inmenso Horno* lleno de un fuego indeſtructible, siempre en accion, y aprisionado siempre por capas concéntricas de una peña inalterable. Encima de eſtas capas de peña calentada y encendida ſuponia Deſcartes que habia unas *Cavernas inmensas* que comunicaban con el Occeáno, y cuyas aguas calentadas y reducidas á vapores eran impelidas con violencia por entre los poros de la tierra y de las peñas como por otros tantos Tubos capilares haſta lo alto de la ſuperficie mas elevada del Globo terreſtre deſde donde colaban ó brotaban en fuentes.

Refutacion. No es neceſario nada ménos que el nombre del gran Deſcartes para hacer á *este Sistema* digno de ſer refutado ſeriamente.

I.° ¿ No es una pura chîmera eſte fuego central ? ¿ Qual es su naturaleza ? ¿ Qual es su pábulo ? ¿ Como no se extingue sino tiene comunicacion con el ayre exterior ? ¿ Y si la tiene como no se eſcapa de ſus profundas prisiones con una explosion horrible como hacen los fuegos de los Volcanes y los que hacen volar las fortificaciones de una Plaza ? (499 y 500).

II.° En un Alambique chîmico el vapor se convierte en agua luego que toca en el Refrigerante (169). ¿ Co-

mo pues los Vapores ſalidos de las profundas Cavernas que hacen el oficio de Cucurbitas encima del Fuego central podrán ménos de perder su eſtado de vapor al paſar por entre las inmenſas y friísimas capas de tierra que median entre eſtas Cavernas y la ſuperficie del Globo?

Y si el frio que tiene naturalmente el interior de la Tierra convierte eſtos Vapores en agua como no puede menos de ſuceder: ¿ Que *Fuerza física* los elevará por entre las entrañas de la Tierra contra su gravedad y la resiſtencia de los conductos haſta la ſuperficie de las mas altas montañas del mundo adonde deben llegar para dar nacimiento á las Fuentes y Rios?

III.° Quando se ha visitado lo interior de la Tierra en las excavaciones que se han hecho de las Minas de mármol, ſal, oro, plata, cobre, plomo, hierro y carbon se ha obſervado siempre y en todas partes que el *Agua baxa* de la ſuperficie hácia el centro, y jamas se ha hallado que ſuba deſde el centro hácia la ſuperficie; lo que acaba de deſtruir completamente el Siſtema infundado que impugnamos, y que debia liſonjear muy poco á la Naturaleza pues la sujeta en una de ſus mas grandes obras al triſte y penoſo mecaniſmo de un Laboratorio chîmico.

Sistema de la Filtracion.

603. Sistema II. Algunos Físicos han imaginado otro Siſtema no menos defectuoſo para asignar el orígen de las fuentes y de los arroyos, á ſaber la *Filtracion* de las aguas del Mar por entre la maſa de la Tierra.

I.° Eſtos Fisicos han ſupueſto que las Aguas del Mar se diſtribuian por todas partes en las entrañas de la tierra por medio de innumerables *Canales ramificados* de varias figuras y grandores, y como es propiedad de todos los Líquidos el tirar á ponerſe á nivel, las aguas del Mar tiraban ſegun eſtos Físicos á ſubir por todas partes ó por canales de comunicacion, ó por los poros

de la tierra, de las arenas y piedras esponjosas hasta una altura igual á la que ocupan en las riveras que las detienen.

Quando estas aguas caminan y suben al seno de los Continentes por canales de Comunicacion rectos ó tortuosos sin filtrarse por entre las materias que les pudieran quitar su sal, conservan su qualidad de salobres. De aqui segun ellos las *Fuentes saladas.*

Pero quando estas aguas se filtran por entre materias aptas para dar paso á la sustancia aqüea, é impedírsele á la salina, suben por entre estas materias al seno de los Continentes hasta la altura de la superficie del Mar despojadas de su qualidad de salobres. De aqui en su Sistema las *Fuentes de agua dulce* que nacen en los Continentes cuya superficie no está mas alta que la del Mar.

II.° Por lo que hace á las fuentes de agua dulce que nacen en todos los Continentes á una altura considerable sobre la superficie del Mar, suponen que las aguas que las forman, elevadas primero por entre las entrañas de la Tierra hasta una altura igual á la del Mar en fuerza de la presion de las Columnas del agua marina son exâltadas despues mas arriba de esta altura ó del nivel del Mar por medio de *Tubos capilares* que las llevan lo ménos mal que pueden hasta la superficie mas elevada de los Continentes, desde donde corren despues á los terrenos mas baxos en fuerza de su gravitacion propia.

De aquí en este Sistema las *Fuentes de agua dulce* que dan nacimiento á los arroyos, torrentes, riachuelos y rios en los Paises que estan considerablemente elevados sobre la superficie del Mar.

Refutacion. El Sistema de la Destilacion se funda en suposiciones fabulosas, pero *el de la Filtracion* se funda á un mismo tiempo en suposiciones fabulosas y chîméricas.

I.° ¿Que fábula no son estos *Canales de comunicacion* que desde el fondo ó desde los bordes del Mar se ex-

tienden en ramificaciones por las entrañas de la Tierra? ¿Cabando ésta hasta inmensas profundidades se han descubierto por ventura alguna vez en su seno semejantes canales? ¿Aunque haya en efecto motivo para presumir que ciertos mares como el Mar Caspio comunican con otros mares por medio de grandes Canales subterráneos, es ésta una razon suficiente para presumir que hay semejantes canales en todas las partes del Globo terrestre quando hay millares de experiencias en contrario?

II.° El fondo del Mar está casi todo él cubierto de una *Materia viscosa y glutinosa* que forma como una especie de betun propio para no dexar pasar el agua é impedirla que se filtre por entre las tierras y peñas que componen el Globo terrestre.

III.° Consta por la Experiencia que aunque el agua del Mar se filtre por entre quantas tierras y arenas se quiera suponer, no pierde jamas toda su amargura y qualidad de salobre. Consta asimismo que la *parte de su Sal* que pierde al pasar por entre la arena y tierra queda adherente á las materias que la despojan de ella, y que estas materias cargadas de sal marina comunican la qualidad de salobre al agua dulce que pasa por entre ellas. De todo lo qual se sigue:

En primer lugar que el agua del Mar no puede perder *toda su qualidad de Salobre* por esta fabulosa filtracion, ó que si la pierde se la da á las substancias por entre quienes se filtra, las quales se la comunicarán al agua que las sigue.

En segundo que para que el agua del Mar se despojase efectivamente de la qualidad de salobre que tiene mediante su filtracion por entre la tierra, seria necesario que los Canales por donde se filtrase recibiesen otra tanta sal como el agua depone. Y como el agua del Mar tomada en su generalidad contiene por lo menos *una trigésima parte de Sal*, seria igualmente forzoso que el agua del mar filtrándose y desalándose continuamente en lo interior de la Tierra, dexase en su seno cada treinta años una masa de sal igual por lo ménos

á la maſa de agua que todos los rios del mundo llevan cada año á los Mares: lo que es evidentemente falſo y abſurdo.

IV.° Eſte Siſtema se funda principalmente en la propiedad que tiene el agua de ſubir mas arriba de su nivel por medio de los Tubos capilares; ¿Y que se puede imaginar mas frívolo, mas infundado y mas mal considerado que ſemejante fundamento y que un recurſo tan insuficiente como éſte?

En primer lugar es cierto que el Agua no puede ſubir en los Tubos capilares en fuerza de la presion de las Columnas comunicantes á una altura mayor que á la que ſube en el Vacío, es decir á mas de treinta y dos pies mas arriba de su nivel. Y á la verdad que no hay poca diſtancia de treinta y dos pies á mil ó dos mil toeſas mas arriba del nivel del Mar que es la altura á que ſube el agua para dar nacimiento á los mayores rios del mundo.

Ademas aun quando pudieſe el Agua ſubir haſta eſta altura por medio de los Tubos capilares, no se seguiria de aquí que pudieſe formar Fuentes que corrieſen ó brotaſen, pues como ſabemos por la experiencia igualmente que por la teoría el agua que ſube mas arriba de su nivel en un monton de arena ó en qualquiera especie de materias poroſas y esponjoſas, nunca tiene ni puede tener curſo deſde la altura á que ha ſubido á cauſa de que ni eſtas materias ni ningunas otras ſon capaces de comunicar al agua un impulſo tan ſuperior al de su gravedad que en fuerza de él rompa ó corra vertical ó horizontalmente.

Todo es pues fabuloſo ó chîmérico en los Siſtemas de la *Destilacion* y *Filtracion*. ¡Quanto no debe éſto preocuparnos á favor del Siſtema de la Evaporacion que vamos á exponer y comprobar!

Sis-

Sistema de la Evaporacion.

604. Sistema III. Todos los Físicos de nueſtros dias han adoptado en fin ſobre el orígen de las Fuentes y Arroyos el *verdadero sistema de la Naturaleza*, el que las da por principio la Evaporacion de las aguas del mar, lagos, rios y todo género de corrientes de agua, de la qual evaporacion reſultan las Lluvias y Nieves. ¡Es coſa bien singular que las Verdades mas ſencillas y palpables hallen con tanta dificultad una acogida favorable en el Entendimiento humano!

En el *Sistema de la Evaporacion*, mejor se diria en la verdad demoſtrada pues eſta Sentencia no merece el nombre de Siſtema sino en quanto preſenta un corto encadenamiento de hechos ciertos y conſeqüencias indudables:

I.° El Agua del mar, de los rios, lagos, eſtanques y demas corrientes y depósitos se eleva en vapores á la Atmósfera donde se forma en Nubes que se reſuelven en lluvia ó nieve.

II.° El Agua de las lluvias y nieves ó corre por lo exterior de la ſuperficie de la Tierra, ó se filtra por lo interior de ella haſta una cierta profundidad. Por lo comun parte corre por defuera, y parte se introduce por dentro de la Tierra. La que corre ſobre la ſuperficie de la tierra, produce rápida y paſageramente andaluvios: la que se filtra por entre las entrañas de la tierra, llena en infinitos parages grandes concavidades desde donde corre ſucesivamente y poco á poco por conductos mas ó ménos grandes.

Los grandes Depósitos y los grandes Canalés dan nacimiento á las Fuentes mas copioſas y mas abundantes, y las fuentes pequeñas traen su orígen ó de depósitos pequeños, ó de pequeños canales que comunican con los grandes depósitos (580 y 581).

III.° El Agua de las lluvias y nieves es como lo demoſtrarémos bien pronto, mucho mas que ſuficiente para

mantener conftantemente todos los Rios del mundo en el eftado de plenitud en que les vemos. Es pues absurdo imaginar otras Caufas fabulofas ó chîméricas para explicar el orígen de las Fuentes que los forman.

IV.° Para contemplar efte Siftema como se debe, se ha de obfervar que los grandes Rios nacen en los Paifes mas elevados de los Continentes: que su volúmen de agua es casi siempre muy poco considerable en su primer orígen, y que quando llegan á defaguar en el mar van ya aumentados con todas las aguas de los vaftos paifes por donde pafan.

En los Climas mas cálidos en que no cae nieve alguna la mayor parte de la Lluvia que cae en un territorio se filtra en la tierra en donde las capas de greda forman una especie de betun propio para impedirla que penetre muy adelante. Efta Agua fegun las Leyes de la Hidroftática colando lentamente por entre las arenas, piedras porofas y tierras arcillofas pafa fuccesivamente de los terrenos mas elevados á los mas baxos. Por exemplo no contando con los Montes, fupongamos que el Franco-Condado efté por todas partes mas elevado que el pais de Brefa; que éfte efté mas que el Leonés; el Leonés mas que el Delfinado; y el Delfinado mas que la Provenza. Con folo filtrarfe el agua por entre las tierras la Lluvia que cae fobre eftos Paifes irá a formar Fuentes y Arroyos siempre crecientes defde el Franco-Condado al Pais de Brefa, al Leonés, al Delfinado y á Provenza.

En los Paifes mas frios cubiertos por lo comun de montañas mas ó menos elevadas, la nieve que dura una gran parte del año y aun en ciertos parages todo él, se derrite en los grandes calores y diftribuye á los terrenos mas baxos una gran cantidad de agua en la Estacion en que la Evaporacion que es mas abundante defeca con mucha prontitud la fuperficie de la Tierra.

V.° En los Paifes montuofos hay grandes Depósitos, unos en lo interior y otros fobre la fuperficie de la Tierra. En ellos se juntan las aguas de las lluvias y nieves, y

desde ellos cuelan poco á poco por millares de Canales ſubterráneos á los terrenos mas baxos en donde forman Fuentes perennes, unas mas y otras menos copioſas (609).

Proposicion.

605. *Todas las Fuentes del mundo así dulces como saladas provienen únicamente del agua de las Lluvias y Nieves.*

Demostracion. La simple exposicion de eſta Verdad física baſta para hacer ſentir ſu evidencia. Es claro que las fuentes, arroyos, rios y toda especie de corrientes deben ſu orígen á la *Causa física y sensible* cuyo influxo nos hace patente la experiencia; á la *Causa constante y permanente* que indudablemente produce ſu aumento ó disminucion; á la *Causa* en fin *sencilla* y *fecunda* por la que únicamente ſe pueden explicar de un modo ſatisfactorio todos los fenómenos que nos preſenta el orígen de las Fuentes.

Es así que eſta Cauſa es evidentemente el agua de las lluvias y nieves, como acabamos de explicar y harémos aun mejor ver y comprehender refutando completamente así las varias dificultades que se oponen como las fútiles chîmeras que ſe han querido ſubſtituir á eſta Verdad física:

Luego es indudable que todas las Fuentes del mundo así dulces como ſaladas tienen por único orígen el agua de las lluvias y nieves. L. Q. P. D.

objeciones y respuestas.

606. Objecion I. ¿A quien ſe perſuadirá que la pequeña quantidad de lluvia que cae cada año ſobre la Tierra baſte para formar la inmenſa quantidad de agua que todos los Rios del mundo llevan cada dia al ſeno de los mares.

Respuesta. Se perſuadirá eſte *Hecho cierto* á qualquiera que ſea capaz de comprehender una demoſtra-

cion solida fundada sobre la experiencia mas sensible y el cálculo mas sencillo.

I.° Consta *por la Experiencia*, que cae en Francia cada año una quantidad de lluvia igual á una capa de veinte pulgadas de grueso ó altura con corta diferiencia; lo que se conoce facilmente recogiendo en vasijas proporcionadas el agua de lluvia, y teniendo qüenta cada vez que llueve con la quantidad de agua que acaba de caer. Supongamos tomando las cosas por la parte mas corta que en vez de veinte pulgadas no caen al cabo del año mas que doce.

II.° Consta *por el Cálculo*, que una capa de lluvia de doce pulgadas de altura sobre toda la Francia es mas que suficiente para abastecer á todos los Rios de Francia de la quantidad de agua que vierten cada dia en el Mar. Tomemos por exemplo general el Sena, y comparemos la *quantidad de lluvia* que junta en sí en su curso desde sus fuentes hasta Paris con la *quantidad de agua* de este rio que pasa cada año por debaxo del Puente Real de Paris.

Quando el Sena llega á Paris ha recogido todas las aguas de lluvia que caen sobre una superficie como de sesenta leguas de longitud sobre cinquenta de anchura, lo que da una superficie de tres mil leguas quadradas. Suponiendo la Legua en números completos de 2200 toesas de longitud, la *Legua quadrada* contendrá 4,840,000 de toesas quadradas. Conteniendo la *Toesa quadrada* 36 pies quadrados, 4,840,000 toesas quadradas darán 174,240,000 pies quadrados de superficie por cada Legua quadrada; y conteniendo cada Legua quadrada 174,240,000 pies quadrados de superficie, 3,000 Leguas quadradas darán 522,720,000,000 de *Pies quadrados* de superficie que tendrán cada uno un pie cúbico de agua por año con que contribuir á formar la quantidad de agua que lleva el Sena quando pasa por el Puente nuevo ó el Puente Real.

Réstanos aora exâminar que quantidad de agua pasa cada año por el Puente Real, y esto es tambien lo

que han averiguado con toda certeza algunos Miembros de la Academia de las Ciencias. Obſervando M. Mariotte al Sena en una altura media halló que paſaban por el Puente Real como unos 200,000 pies cúbicos de agua por minuto, lo que hace 12,000,000 de pies cúbicos por hora, 188,000,000 de pies cúbicos por dia, y 105,120,000,000 de *Pies cúbicos* por año.

De todo lo qual reſulta que la ſuma de agua de lluvia aun ſuponiendo que no ſea mas de doce pulgadas por año es á lo ménos quatro veces mayor que la ſuma de agua que lleva el Sena quando pasa por Paris. Con que generalizando eſta obſervacion las Lluvias contribuyen á los Rios con una quantidad de agua mas que ſuficiente para formar su caudal.

No puede haber motivo alguno para dudar de la exâctitud de la obſervacion de que acabamos de hablar. Un Académico iluſtrado que hace ſus obſervaciones á viſta de unos Perſonages iluſtrados como él, ſolo puede incurrir en errores de muy poca conſeqüencia. Pero para que no pueda quedar recelo alguno en eſta materia, ſupongamos que se ha disminuido considerablemente en eſta obſervacion el volúmen de agua que lleva el Sena: ſupongamos aun si se quiere, que se haya engañado en la mitad M. Mariotte, tendrémos todavia que la *quantidad de agua* que dan las Lluvias excede en la mitad á la que lleva el Sena.

III.° Se puede aplicar el mismo cálculo á qualquiera otro Rio que se quiera, por exemplo al Po. Segun el célebre Buffon eſte rio aumentado con varios riachuelos que entran en él, lleva al Mar las aguas de lluvia que caen ſobre una ſuperficie de 45,600 *Millas quadradas* con corta diferiencia, y no da al Mar mas que una milla cúbica de agua en veinte y ſeis dias; lo que hace con corta diferiencia catorce *Millas cúbicas* de agua por año.

Se hallará fácilmente por el cálculo que las lluvias ordinarías ſon mucho mas que ſuficientes para dar á eſte rio el enorme volúmen de agua que vierte en el mar. Porque el volúmen de agua que el Po lleva al mar es

como de 1,750,000,000,000 de *Pies cúbicos* por año, y el volúmen de agua que dan las lluvias á la superficie cuyas aguas vienen á parar á este rio es de 2,060,000,000,000 de *Pies cúbicos* por año (aun suponiendo que el agua de lluvia que cae en Italia no es mas que de 24 pulgadas de altura, lo que es rebaxar demasiado pues se sabe que caen en este país 40 pulgadas con corta diferencia de agua de lluvia cada año comun).

607. Objecion II. Evitando un abismo se ha dado en otro. El Sistema que adoptamos parecia al principio pecar por defecto, y segun lo que se acaba de responder hallamos aora que peca evidentemente por exceso. ¿Porque qué se hace la *quantidad superabundante* de agua de lluvia si los rios apenas llevan la quarta parte tomando las cosas por la parte mas corta? La dificultad será mucho mayor si nos atenemos simplemente y sin rebaxar nada á lo que nos enseña la experiencia, segun la qual cada año comun caen en Francia como veinte pulgadas de lluvia, en Italia y Alemania como quarenta, y en la Zona tórrida como sesenta.

Respuesta. El nuevo abismo en que se pretende que caemos en fuerza de la anterior respuesta es tan imaginario como el primero. El vicio por defecto ha desaparecido, el *vicio por exceso* va á desaparecer con igual facilidad. La quantidad superabundante de agua de lluvia que no llevan los rios tiene un destino digno de la sabiduría del Criador el qual abrazándolo todo con una ojeada infinita ha provisto á todo sin exceso y sin defecto.

1.° De esta superabundancia de agua de lluvia, una gran parte se emplea en la Nutricion de los Animales y Vegetales los quales por su transpiracion exâlan por el ayre una quantidad inconcevible de ella, como que algunos exâlan una quantidad mucho mayor que su masa y peso en solo un dia; otra parte va verosimilmente á formar arroyos y rios subterráneos que corriendo por debaxo de tierra desaguan en el mar; y la parte mas considerable se eleva en vapores y nubes para volver á caer en lluvias y nieves sobre la tierra muchas veces en cada año.

II.° En los Paises en donde cae mayor quantidad de lluvia como en Italia, Alemania y en la Zona tórrida hay tambien ó rios en mayor número y mas caudalosos, ó una Evaporacion mas copiosa y pronta. Por lo comun estas dos Causas concurren unidas á descargar estos Paises de la inmensa quantidad de agua que arrojan sobre ellos las lluvias copiosas y freqüentes. Así acabamos de ver que el Po lleva al mar proporcionalmente mas agua que el Sena.

608. Objecion III. ¿Es acaso verosímil que los *Vapores insensibles* que se elevan del seno de los mares, lagos, arroyos y partes húmedas del Globo terrestre puedan dar toda la inmensa quantidad de agua que vierten cada dia los rios en el seno de los mares? ¿La hipótesis que adoptamos y que supone ésta inmensa evaporacion no será fabulosa é infundada á lo menos por esta parte?

Respuesta. Seguramente que las Lluvias que caen de la Atmósfera no caen por arte de encantamiento. Es pues evidente que el agua que cae en lluvia habia subido á la atmósfera en vapor. Pero ademas apliquemos la Experiencia y el Cálculo á esta objecion.

I.° Si en un buen dia de Estío quando sopla el viento y el sol calienta bien, se expone al ayre y al sol un *Baño lleno de agua*, al cabo de veinte y quatro horas la superficie del agua baxa como una pulgada: de consiguiente una capa de agua como de una pulgada de grueso se va en vapores. En un tiempo muy frio la Evaporacion es mucho menor, pues la superficie del agua contenida en el mismo baño apenas baxa una ó dos lineas. Compensando lo uno con lo otro se puede evaluar la *Evaporacion diaria* durante todo un año en un quarto de pulgada por dia, lo que daria por un año en el baño de que hablamos noventa y una pulgadas de evaporacion.

La Evaporacion que padece el agua en la experiencia de que hablamos se verifica igualmente en el mar, lagos y rios siendo mayor en la inmensa extension de

la Zona tórrida que en las Zonas templadas, y mayor en éftas que en las glaciales. Compenfando uno con otro se puede fuponer sin recelo de incurrir en error considerable una Evaporacion como de noventa pulgadas por año en toda la fuperficie de las aguas que cubren el Globo terreftre. He aqui pues una *Capa de agua* como de noventa pulgadas de profundidad que pafa cada año del feno de todos los mares, lagos, rios, arroyos y demas partes húmedas del Globo á la Atmósfera para volver á caer de ella en lluvias.

II.° Supongamos que la fuperficie del Mar es únicamente igual á la de los Continentes, no obftante de que eftá averiguado que es mucho mayor, y no contemos con los lagos, rios, &c. He aquí una Capa de agua de noventa pulgadas de profundidad, y cuya superficie es igual á la de la mitad del Globo terreftre que elevándofe cada año á la Atmósfera forma en ella las lluvias, las quales cayendo parte fobre el Mar y parte fobre la Tierra darán á toda la fuperficie del Globo una mafa ó *capa de agua de lluvia* igual á quarenta y cinco pulgadas de altura con corta diferiencia; y precifamente otra tanta fobre poco mas ó menos es la quantidad de lluvia que la Tierra considerada en su generalidad recibe cada año de la Atmósfera.

Confta pues por la Experiencia mas fensible y el Cálculo mas fencillo que la Evaporacion es mas que suficiente para proveer á la Atmósfera de la inmenfa quantidad de agua que cae en lluvia, y aun la quantidad de evaporacion es mucho mayor que la del agua de lluvia que refulta de ella: pero el Sereno y el Rocío vuelven á la tierra y al mar casi todos los dias una parte considerable del agua que se eleva en vapores, restableciendo así la igualdad entre la quantidad de agua que se eleva á la Atmósfera y la que cae de ella.

609. Objecion IV. Efte Siftema fobre el origen de las Fuentes fupone como cierto un hecho muy dudofo, á faber que hay *Cavernas subterráneas* en donde se junta gran copia de agua que proviene de las lluvias y nie-

nieves, y desde donde cuela despues succesivamente por Canales subterráneos, los quales terminando en Fuentes mas ó menos copiosas dan nacimiento á los arroyos y rios. ¿ Porque qué prueba bastante sólida y cierta acredita la exîstencia de estos grandes Depósitos subterráneos de aguas ?

Respuesta. Este Sistema sobre el orígen de las Fuentes que se debe mirar como una Verdad física, bien rigurosamente comprobada y demostrada no necesita fundarse en suposicion alguna incierta para que pueda sostenerse. La exîstencia de una infinidad de *grandes Depósitos así exteriores como interiores* dispuestos por la Naturaleza para distribuir el agua sobre la superficie de la Tierra no puede ser un hecho dudoso para ningun Naturalista algun tanto ilustrado.

I.° Se sabe que hay en infinitos parages sobre la superficie de la Tierra Cadenas de montañas que forman grandes hoyadas, capaces de contener una quantidad considerable de agua de lluvia y nieve. Esta agua se va filtrando poco á poco por entre las sustancias arcillosas y petreas, y va á salir á los terrenos mas baxos en virtud de su gravitacion. Ya tenemos aquí una especie muy freqüente y numerosa de *Depósitos exteriores* apropósito para proveer de agua de lluvia á los rios en los tiempos de sequía.

II.° Todo el mundo sabe que hay no lexos de la superficie de la Tierra una multitud de Grutas de varios grandores. ¿ Visitando estas grutas subterráneas en quantas no se han hallado estanques llenos de agua? ¿ Y no tendrémos suficiente motivo para suponer que hay otros *Depósitos* semejantes en las entrañas de la Tierra en otros mil parages que no hemos podido visitar ?

Hace como unos treinta años que cerca de Hembrun en el Delfinado en un hermoso dia de Estío en que no se veia nube alguna en todo el horizonte, un torrente llamado *Bramafam* que estaba casi seco se hinchó tanto de un golpe, que detuvo el curso del Duranzo, enterró enteramente un Pinar de un medio quar-

to de legua de largo y llevó arraſtrando peñas tan grandes que veinte pares de bueyes no hubieran podido mover. ¿A que Cauſa fiſica se ha de atribuir eſte fenómeno sino á la de haberſe desprendido alguna enorme maſa de tierra ó de peña y caido ſobre algun Lago ſubterráneo, ó á la de haberſe roto ſúbitamente alguna inmenſa Caverna llena de agua que hubieſe en la montaña de Chateauroux en donde nace eſte torrente, y ſobre la qual no habia en eſte dia ni nieve, ni nube, ni tromba, ni ninguna otra coſa ſemejante que pudieſe ocasionar una inundacion tan grande?

Noſotros miſmos hemos viſto y paſeado eſte Pinar baſtantes veces algunos años antes de que hubieſe sido enterrado entre las arenas y piedras, y hemos vuelto á ver con admiracion muchas veces deſpues de eſte acontecimiento el sitio en donde eſtaba, paſeándonos ſobre las cimas mas elevadas de los Pinos enterrados en compañia de los miſmos que habian sido expectadores de eſte terrible acontecimiento, por el qual en pocas horas ó momentos fué deſtruido y ſepultado todo el Pinar.

¿Un efecto ſemejante, un fenómeno como eſte no demueſtra palpablemente la exîſtencia ya por otra parte comprobada de varias Cavernas ocultas en lo interior de las montañas, y deſtinadas á ſervir de Depósitos á las aguas de lluvias y nieves?

Los Naturaliſtas dan noticia de varios acaecimientos producidos por la miſma Cauſa que noſotros ſuponemos, y por el que fué producido el que acabamos de referir. „ En 1678, dice M. de Buffon en el ſegun- „ do Tomo de ſu Hiſtoria natural (a), hubo en Gas- „ cuña una grande inundacion cauſada por el hundimien- „ to de algunos pedazos de montañas de los Pirineos, „ que hiciéron ſurtir las aguas contenidas en las Caver- „ nas ſubterráneas de aquellos montes. Otra mayor acae- „ ció en Irlanda en 1680 ocasionada tambien de haber-

(a) Artículo XVIII de la Teoría de la Tierra, y de la traduccion Castellana de la Edicion de Madrid de 1792 pag. 369.

„ se hundido una montaña en Cavernas llenas de agua.„

III.° Aun quando estos Depósitos *subterráneos* fuesen tan raros como se puede querer suponer, sola la filtracion de las aguas de lluvia y nieve por toda la extension que separa los terrenos mas elevados de los mas baxos bastaria para conservar por mucho tiempo las varias Fuentes que riegan y fertilizan el Globo terrestre, á causa de que filtrandose el agua por entre millares de obstáculos no puede ménos de caminar muy lentamente, y asi necesita el agua de las lluvias ó nieves un tiempo muy considerable para pasar filtrándose por entre las varias sustancias arcillosas y pétreas desde lo alto de una montaña hasta el fondo de los Valles vecinos adonde va á brotar ó correr en fuentes; y aun necesitara mucho mas tiempo para pasar del mismo modo desde un terreno mas elevado á otro mas baxo en una extension de diez, veinte, ó treinta leguas.

En las grandes y largas sequías muchas fuentes se disminuyen ó se secan. Se *disminuyen* porque menguándose los Depósitos interiores ó exteriores de donde las viene el agua, cuyas pérdidas no se reparan con la lluvia ó nieve, las contribuyen solo con menor volúmen de agua (581). *Se secan*, ó ya sea porque los Depósitos de donde traen su orígen se agotan, ó ya porque las aguas reunidas en los terrenos mas elevados no han tenido tiempo de andar todo el espacio que las separaba de las Fuentes distantes que iban á formar en los terrenos mas baxos.

610. Objecion V. En tiempos de sequía se han hallado sobre la cima de montañas bien altas Fuentes que brotaban ó corrian. ¿Se dirá que estas fuentes deben su curso á unos Depósitos superiores ó mas elevados que por medio de canales de comunicacion suben sus aguas hasta esta altura? ¿Pero en donde se han de situar estos Depósitos superiores á la cima de estas elevadas montañas?

Respuesta. I.° Los Arroyos y Rios nacen siempre, ó casi siempre en los paises mas elevados de los Con-

21*

tinentes, no en la cima sino hácia el medio ó hácia la falda de las montañas; se pueden obſervar ſobre la ſuperficie de la Tierra ciertos paiſes mas elevados que parecen ſer *Puntos de division* ſeñalados por la Naturaleza para la diſtribucion de las aguas.

Los contornos del Monte de San Gothardo en Suiza ſon uno de eſtos Puntos de division en Europa; de aqui nacen el Ródano al Sudoeſt, el Rhin al Norueste, y el Danubio al Oriente. Otro punto de division en Asia es el pais de los Tártaros Mogoles en donde nacen varios rios que van á deſembocar unos en el mar del Norte, otros en el mar de Corea, y otros en el de la China. La Provincia de Quito en la América meridional es tambien un Punto de division deſtinado á abaſtecer de aguas al mar del Sur, al del Norte y al Golfo de México.

II.° Se hallan con baſtante freqüencia en la cima de Montañas elevadas *Aguas estancadas* ó Lagos de varios grandores que se han llenado con las aguas de lluvia ó nieves, y que eſtan deſtinados á producir fuentes hácia el medio ó hácia la falda de la montaña que ocupan; pero jamas se han viſto Fuentes que broten ó corran, á ménos de que las montañas en que nacen eſten dominadas de otras montañas con quienes tengan comunicacion por medio de canales ſubterráneos.

III.° Si acaso se ha hallado alguna vez alguna *Fuente que brote ó corra* ſobre la cima de alguna montaña, obsérvense con cuidado los paiſes vecinos y se hallará infaliblemente alguna montaña considerablemente mas elevada de donde traiga su orígen eſta fuente por medio de canales ſubterráneos: por exemplo: (Fig. 79)

Supongamos que R y A ſean dos montañas muy elevadas, y cuyas cimas diſten entre sí ocho ó diez leguas. Por mas que se haga no se hallará Fuente alguna que corra ó brote en R, si la montaña R es tanto ó mas elevada que todas las montañas vecinas.

Pero se podrá hallar Agua que corra ó brote sobre su cima en M por medio de un Depósito A S B

cuyo Canal interior y ſubterráneo B H C conducirá y elevará las aguas haſta M, de donde correrán ó brotarán á cauſa de eſtar mas abaxo del nivel C D del Depósito A S B.

611. Objecion VI. En algunas Islas muy pequeñas se han hallado Fuentes de agua dulce. ¿Vendrán tambien eſtas fuentes de los Continentes por debaxo del mar por medio de Tubos de comunicacion? Se han hallado por el contrario Fuentes de agua ſalada en los Continentes; ¿Porque no dirémos que eſtas aguas saladas vienen inmediatamente del Mar?

Respuesta. I.° Las *Fuentes de agua dulce* de las Islas pequeñas provienen como las de los grandes Continentes de las aguas de lluvia ó nieve, y así es inútil ir á buſcarlas un orígen diferente pues llueve en eſtas Islas lo miſmo que en los Continentes.

¿Si por acaſo se encuentra alguna pequeña Isla, ó alguna gran peña que se eleve ſobre el nivel del mar y cerca del continente, en la que la quantidad de agua dulce exceda á la de agua de lluvia que puede caer en eſta Isla ó peña; que imposibilidad habria en que parte de eſta quantidad de agua dulce viniese de los Depósitos del Continente cercano? ¿Las cadenas de montañas no pueden comunicar entre sí por debaxo del mar como comunican por debaxo de la ſuperficie de la tierra? Así siendo H B S N la ſuperficie del mar, el agua del Continente A S B puede ir á brotar en M por medio del canal de comunicacion A S B H C. (Fig. 79)

II.° Las *Fuentes de agua salada* que nacen en los Continentes mas elevados que la ſuperficie del mar, no pueden provenir del mar porque eſtá demoſtrado que el agua del mar no puede tener curſo quando ſube mas arriba de su ſuperficie (603).

Es inconteſtable que eſtas Fuentes de agua ſalada deben su orígen así á las aguas de lluvia y nieve que las forman, como á las minas de ſal por entre las quales paſan.

612. Objecion VII. Algunos Físicos para conciliar

todos los Siftemas fobre el orígen de las Fuentes quieren que provengan en parte de las lluvias, y en parte del mar. ¿ Porque no feguirémos su exemplo que presenta un modelo tan bello de espíritu de conciliacion?

Respuesta. No es raro hallar de eftos hombres equívocos que por carecer de ingenio fe atreven á meter á conciliadores de los hombres que le tienen. Ha habido quien ha querido conciliar á Defcartes y á Newton, ó lo que es lo mifmo al Lleno y al Vacío.

Un gran Mecánico enfadado de ver rodar fácilmente un coche fobre quatro ruedas paralelas imaginó para dar pruebas de fu ingenio añadir al Coche una *quinta Rueda* tranfverfal; y efto es lo que hacen aquellos que llaman al mar al focorro de las lluvias para dar nacimiento á las Fuentes. A la influencia de una caufa cierta y fuficiente afocian la de una caufa fabulofa y chîmérica que no sirve de nada y embaraza mucho.

613. Conclusion. Habiendo ya exâminado en el Globo que habitamos la *Tierra* y el *Agua* que le componen, nos refta considerar la *Atmósfera* que le rodea por todas partes hafta una cierta altura que parece que es una continuacion fuya en la Naturaleza; y éfte ferá el objeto del Tratado siguiente.

ELEMENTOS DE FISICA

TRATADO OCTAVO.

TEORIA DEL AYRE.

614. OBSERVACION. El *Globo terrestre* está rodeado por toda la extension de su superficie de un inmenso volúmen de Ayre que llega hasta una altura bastante considerable mas arriba de la Tierra y el Mar, y tiene el mismo movimiento diurno y anual que el Globo sólido y líquido que rodea, suponiendo que este globo ruede así al rededor de su centro como del Sol.

I.° Este inmenso volúmen de Ayre que rodea nuestro Globo no es un cuerpo simple y sin mezcla alguna, sino que está siempre unido ó combinado con una quantidad considerable de Vapores y Exâlaciones, que suben los primeros de los Mares y Rios, y los segundos de los Cuerpos terrestres animales, vegetales y minerales.

Este conjunto de *Ayre*, *Vapores y Exâlaciones* es lo que se llama *Atmósfera terrestre* cuya principal parte forma el Ayre.

II.° El Ayre es un principio elementar cuya naturaleza importa conocer: este mismo elemento agitado de un cierto modo produce el Sonido que en infinitas ocasiones es la fuente ó la imágen de nuestros pensamientos y afectos.

Por tanto en las dos Secciones siguientes tratarémos de la *Naturaleza del Ayre* y de la del *Sonido*, ó del

Ayre considerado como cuerpo elementar y como cuerpo ſonoro.

SECCION PRIMERA.

Naturaleza del Ayre.

615. Observacion. La naturaleza específica de un Cuerpo no es otra cosa que el conjunto de propiedades que le diſtinguen de los demas; y así conociendo las propiedades caracteríſticas de un cuerpo se conoce su naturaleza.

De las experiencias y obſervaciones que se han hecho con el Ayre reſulta que el Ayre es un cuerpo aparte en la Naturaleza: un Cuerpo peſado por sí mismo: un cuerpo inmenſamente compresible y dilatable: un cuerpo eláſtico, y cuya elaſticidad perfecta y permanente es proporcional á su densidad; un cuerpo que entra en la composicion de todos ó casi todos los Mixtos: un cuerpo que es uno de los mas poderoſos y generales agentes de la Naturaleza en la produccion, conſervacion y deſtruccion de las Suſtancias animales, vegetales y minerales, y principalmente en la produccion de los Meteoros.

Proposicion I.

616. *El Ayre es un cuerpo primitivo é inalterable.*

Demostracion. I.° *El Ayre es un verdadero cuerpo.* Aunque por ſer el Ayre invisible, sin olor, ni ſabor no podamos percibirle por ninguno de nueſtros ſentidos sino es por el tacto, eſto ſolo nos baſta para conocer evidentemente que es cuerpo: pues ſegun el axîoma cierto y evidente de Lucrecio: Solo lo que es Cuerpo tiene la propiedad de hacer impresion ſobre nueſtros ſentidos, y de conmover el órgano del tacto:

Tan-

Tangere enim et tangi, nisi corpus, nulla potest res.

Quando el Ayre es agitado ſentimos ſus impulsiones, y quando eſtando tranquilo le agitamos experimentamos su resiſtencia; por otra parte le condenſamos y dilatamos ſegun queremos; todo lo qual es evidente que no puede convenir sino á un cuerpo.

II.° *El Ayre es un Cuerpo primitivo*: un cuerpo independiente de todas las composiciones que forma la Naturaleza.

Algunos Físicos han penſado ó preſumido que el Ayre podria muy bien no ſer otra cosa que un *Conjunto fortuito* de corpúsculos heterogéneos y muy ſutiles, que escapados por una emanacion continua del ſeno de los varios Mixtos y no pudiendo recobrar su naturaleza primitiva á causa de su inmensa division, compongan reunidos un flúido diſtinto de todos los demas flúidos; pero eſta opinion no eſtá fundada ſobre experiencia ni razon alguna, antes bien es contraria á la razon y á la experiencia; porque

En primer lugar si el Ayre no fuera otra cosa que un Conjunto fortuito de Corpúsculos emanados del ſeno de los demas Cuerpos, su naturaleza deberia variar otro tanto como varian los paises y las eſtaciones. Pero lexos de ſer eſto así, la naturaleza del Ayre siempre es la misma, siempre y en todas partes se halla caracterizada por signos específicos y efectos invariables que denotan infaliblemente un mismo cuerpo, una misma especie de ſuſtancia, ſea en Laponia, ſea en Francia, ó ſea en la Etiopia sin embargo de las pequeñas diferencias que pueden ocasionar á su masa los vapores y exâlaciones que eſtan mezcladas con ella.

En segundo lugar si el Ayre no fuera otra cosa que un Conjunto fortuito de vapores y exâlaciones emanados de los cuerpos terreſtres ſólidos ó líquidos, es evidente que la ſuſtancia del Ayre deberia ſer casi toda aqüea, y de consiguiente que condenſando el Ayre otro tanto como eſtá el agua se le deberia volver á su naturaleza primitiva y convertirle en un flúido aqueo mez-

ciado con algunos corpúsculos heterogéneos. Ahora pues, despues de haber hecho tomar al Ayre comprimiéndole ó condensándole una densidad igual ó mayor que la que tiene el agua, se han hallado siempre en él los mismos efectos, los mismos caracteres, las mismas propiedades, en una palabra la misma naturaleza. Luego el Ayre es un cuerpo aparte, un cuerpo primitivo, un cuerpo totalmente distinto de los demas cuerpos, y no una mezcla singular y fortúita de corpúsculos emanados del seno de los varios cuerpos terrestres.

III.° El *Ayre es un cuerpo indestructible é inalterable.* Por mas que la Chîmia le haya expuesto á muchas y diferentes pruebas, jamas ha podido ni descomponerle, ni desnaturalizarle, ni causar en él alteracion alguna esencial. Por mas que se le haya sometido á los fuegos mas violentos jamas se ha consumido ni convertido en otra alguna sustancia: por mas que se hayan echado en él los mas activos Disolventes quitándole de un cuerpo y uniéndole con otro, se le ha sacado siempre sin disminucion ni alteracion alguna. Luego el Ayre es un cuerpo primitivo é inalterable. L. Q. P. D.

617. NOTA. Es inútil investigar qual es la figura *de las moléculas del Ayre* pues por su prodigiosa pequeñez no las podemos observar, y los mas excelentes Microscopios no alcanzan á hacérnoslas visibles.

Los Físicos se representan comunmente la masa del Ayre baxo de la imágen de un conjunto heterogéneo de pequeños resortes de figura espiral, flexîbles y elásticos, D E, R S, M N, *m n* &c. (*Fig.* 98)

Pero á esta opinion aunque ingeniosa y apropósito para dar razon de los principales fenómenos del Ayre no se la debe contemplar mas que como una hipótesis cuya realidad no tiene fundamento alguno suficiente.

PROPOSICION II.

618. *El Ayre es un cuerpo que pesa por sí mismo.*

DEMOSTRACION. I.° La *Ley de gravitacion* es una

Ley general á la qual eſtá ſometida toda la materia que podemos obſervar así en el Cielo como en la Tierra. ¿Porque cauſa el Ayre habria de eſtar exceptuado de eſta Ley general? ¿Porque no habria de ſer peſado por sí mismo como lo ſon la llama, el humo y todos los demas cuerpos conocidos? (243).

II.° Sea un globo grande de vidrio, hueco y muy delgado al que eſtá adaptado un tubo de cobre A B por medio del qual se pueda extraer el ayre que contiene el globo (*Fig.* 80).

Si se peſa eſte globo de vidrio con todas las precauciones convenientes se hallará que peſa ménos eſtando vacío que eſtando lleno de ayre. Luego el Ayre tiene una peſantez real que le es propia.

III.° Una columna de Ayre hace equilibrio con otra de mercurio como de veinte y ocho pulgadas de alta, y con una de agua como de treinta y dos pies; ſegun lo explicarémos bien pronto (628 y 634).

Luego eſta columna de Ayre peſa otro tanto como la columna opueſta con quien hace equilibrio (593): luego el Ayre tiene en sí mismo como todos los demas cuerpos una peſantez real. L. Q. P. D.

Pesantez, Compresibilidad y Elasticidad del Ayre.

619. Experiencia. Sea un Tubo A B H C D de qualquiera capacidad igual por todo él, perpendicular al horizonte, abierto en A, herméticamente cerrado en D, y cuyo lado perpendicular A B tenga como ſesenta pulgadas de altura, y su lado paralelo C D como un pie (*Fig.* 75).

I.° Llénese de Mercurio la parte B H C del tubo: quedará en él una pequeña columna de Ayre interpueſta entre C y D la qual resiſtirá á todo el peſo de una columna inmenſamente grande de ayre B A U que tiene por altura toda la altura de la Atmóſfera, y que gravita en la direccion A B H C D. Harémos ver en otra

parte que una columna de ayre que tenga por altura la altura de la Atmósfera pesa tanto como una columna de mercurio del mismo diámetro, y de treinta pulgadas poco mas ó ménos de altura.

Así la *Columna de ayre* C D está siempre comprimida por un peso igual al de una columna de mercurio de treinta pulgadas poco mas ó ménos de altura. Suponemos que esta experiencia se hace en un sitio poco elevado sobre el nivel del mar, y en el tiempo en que el Ayre está muy pesado y muy eláſtico.

II.º Llénese despues de Mercurio la parte M N del Tubo de suerte que se forme una columna M N como de treinta pulgadas de alta sobre el nivel N *n*. Hecho esto la columna de Ayre que ocupaba el espacio C D no ocupará ya mas que la *mitad de este espacio*, y se reducirá á la capacidad *n* D.

III.º Si se llena en fin de Mercurio la parte M A del Tubo, de suerte que la columna N M A sea como de sesenta pulgadas de alta, la Columna de Ayre *n* D de medio pie de alta se comprimirá de nuevo y no ocupará mas que un tercio de pie *m* D.

IV.º Si en el punto B hay un tornillo mediante el qual se dexe ir saliendo poco á poco la columna B A de mercurio; á medida de que el mercurio salga y baxe succesivamente, la columna de Ayre comprimido D M se dilatará poco á poco y recobrará al fin por sí misma su primer volúmen C D.

V.º De toda esta experiencia resulta que el *Ayre es un cuerpo compresible y elástico, cuya reaccion es siempre igual á la fuerza que le comprime y cuya densidad crece hasta un cierto punto proporcionalmente á la fuerza comprimente.*

PROPOSICION III.

620. *La pesantez y resorte del Ayre estan demostrados evidentemente por una multitud de fenómenos físicos que la antigua Filosofía atribuia neciamente á un chimérico horror de la Naturaleza al Vacío.*

Explicacion. Vamos á exponer los principales fenómenos que provienen de la peſantez y elaſticidad del Ayre, no tanto para comprobar de nuevo que el Ayre tiene eſtas dos propiedades fundamentales, lo que hemos ya demoſtrado ſuficientemente, quanto para hacer percibir por eſte medio las aplicaciones intereſantes y usos útiles que se pueden hacer de ellas.

La Maquina Pneumatica.

621. Descripcion. La *Máquina Pneumática*, ó la Máquina del Vacío inventada hácia el año 1654 por Othon de Gueric, Conſul ó Burgo-Maeſtre de Magdebourg, y perfeccionada deſpues por Boyle Físico Ingles se compone de quatro piezas principales y esenciales, que ſon el Cuerpo de Bomba, el Embolo, la Platina y el Tornillo.

I.° El *Cuerpo de Bomba* es un tubo de cobre baſtante grande cuya capacidad cilíndrica eſtá vacía y perfectamente lisa en toda su altura A B (*Fig.* 86).

II.° El *Embolo cilíndrico* B debe ſubir y baxar en lo interior del Cuerpo de Bomba sin dar paſo alguno al ayre entre él y la ſuperficie interior del Cuerpo de Bomba.

Eſte Embolo se mueve de A á B, y de B á A por medio de un mango B V, el qual se puede conſtruir y diſponer de varios modos para ſubir y baxar con la mayor comodidad eſte émbolo.

III.° La *Platina de cobre* G H eſtá fixada horizontalmente ſobre los apoyos ſólidos G N y H M, y cubierta con uno ó muchos cueros mojados ſobre los quales se pone el *Recipiente* ó la Campana de vidrio E Z.

Eſta Platina agujereada por el medio se adapta á un Canalito E A que forma una comunicacion entre el Recipiente y el Cuerpo de Bomba. Los Cueros de que eſtá cubierta la Platina deben eſtar tambien agujereados en la parte por la que correſponden al Canal de comunicacion E A.

IV.° El *Tornillo de cobre* N M eſtá colocado entre la Platina G H y el Cuerpo de Bomba A B.

La Llave R S de eſte Tornillo perfectamente lisa en su ſuperficie tiene la figura de un cilindro ó de un cono truncado, y su diámetro tiene un agujero C D que en una poſtura correſponde al canal de comunicacion E A, y en otra poſtura no correſponde. Eſta llave tiene tambien un canalito abierto á lo largo de su ſuperficie R S, el qual igualmente puede correſponder ó no ſegun la mayor ó menor vuelta que se dé á la llave al *Canal de comunicacion* E A situado entre la Platina y el Cuerpo de Bomba.

Vamos á explicar el modo de obrar y los efectos de eſta célebre Máquina del Vacío á quien la Física debe tantas luces.

Los Artiſtas modernos han dado varias formas ó varias especies de conſtruccion á eſta Máquina que hoy es por lo comun de dos Geringas ó Cuerpos de Bomba. Pero el Mecanismo físico es el mismo en todas, y aun la que hemos hecho gravar y acabamos de deſcribir es acaso la mas ſencilla y por lo mismo la mas apropósito para hacer percibir bien las *Verdades físicas* que tenemos que obſervar, ó queremos deducir de los fenómenos que en ella se nos mueſtran.

622. EXPLICACION. I.° Despues de haber colocado el Recipiente ſobre la Platina de ſuerte que el ayre exterior no pueda de modo alguno insinuarse dentro de él, se debe diſponer la Llave N de modo que su agujero diametral C D cayga enfrente del hueco del canal de comunicacion E A. Eſtando la llave así dispueſta su canalito R S caerá á un lado y no comunicará con el Recipiente ni con el Cuerpo de Bomba. En eſte eſtado tírese del Embolo que debe eſtar forrado todo con fieltros untados de grasa ó azeite, y hágaſele baxar deſde A á B. Baxando arrojará delante de sí todo el ayre que se contenia en el cuerpo de Bomba A B.

¿Que debe ſuceder en fuerza de eſta operacion? El *ayre del Recipiente* que se hallaba comprimido por toda la columna de ayre atmosférico que cargaba ſobre él al tiempo en que ha sido encerrado debaxo del Re-

cipiente se *extiende y desplega en virtud de su resorte*, y se precipita por el agujero E en el cuerpo de bomba A B en donde no hay ayre alguno que le impida extenderſe y dilatarſe.

Suponiendo que la capacidad E del Recipiente y la capacidad A B del Cuerpo de bomba ſean perfectamente iguales, *la mitad del ayre que estaba en el Recipiente quedará en él, y la otra mitad baxará al cuerpo de bomba*; y el Recipiente ſerá ya oprimido contra la platina por la mitad del peſo de la columna de ayre que ſoſtiene, pues que el ayre que contenia se ha disminuido una mitad en densidad, y de consiguiente en reaccion en virtud de la operacion referida.

Quando se puſo el Recipiente ſobre la platina, el ayre encerrado en él hacía equilibrio por su reaccion con toda la columna de ayre que cargaba ſobre él; pero eſte ayre dividido en partes iguales entre el Recipiente y el Cuerpo de bomba ha perdido la mitad de su densidad, y de consiguiente la mitad de su fuerza reactiva que siempre es proporcional á la densidad (619).

II.° Para enrarecer mas el ayre que queda todavia en el Recipiente deſpues de eſta primera baxada del Embolo déſe una media vuelta á la llave del tornillo de modo que el agujero C D que eſtaba vertical se ponga horizontal, y que el canalito R S correſponda á la parte inferior del canal de comunicacion del lado del Cuerpo de Bomba. El ayre exterior, la mitad mas condenſado que el que eſtá en el Recipiente y en el Cuerpo de bomba no puede introducirse en el Recipiente E, y puede muy bien entrar en el Cuerpo de bomba A B por medio del Canalito N M. Así pues el ayre exterior se precipitará impetuoſamente en el Cuerpo de bomba A B haſta que el ayre contenido en él tenga tanta fuerza por su reaccion como tiene el ayre exterior por ſu presion.

Vuélvaſe á ſubir el Embolo de B á A, y en fuerza de su presion todo el ayre que eſtaba en la bomba A B ſerá arrojado por él y ſaldra por el canalito N

M, como es fácil ſentir poniendo la mano á la extremidad de eſte canalito. Vuélvase á dar media vuelta á la llave de modo que el agujero C D se ponga vertical y caiga enfrente del canal de comunicacion E A. En eſte eſtado no puede entrar ayre alguno en la capacidad del Recipiente porque no le hay en el cuerpo de bomba que es con quien únicamente tiene comunicacion. Vuélvase á baxar el émbolo de A á B; se hará *un nuevo Vacío* en el Cuerpo de bomba A B, y el ayre encerrado en el Recipiente se volverá á extender y dilatar como antes por su fuerza eláſtica y expansiva, y se precipitará en el Cuerpo de bomba A B en donde no hay ayre alguno que le resiſta, haſta que quede otra vez diſtribuido con igualdad en eſtos dos espacios, á ſaber en la capacidad del Recipiente, y la del Cuerpo de bomba que ſuponemos iguales.

No habrá pues ya debaxo del Recipiente mas que una *quarta parte del ayre primitivo*, ó del ayre que habia antes de la primera baxada del émbolo, y así el Recipiente tendrá que ſufrir las tres quartas partes de la presion de la columna de ayre que gravita ſobre él; porque el ayre que contiene y que todavia exerce su reaccion no teniendo ya mas que la quarta parte de su densidad primitiva, no tiene tampoco mas que la quarta parte de su primera fuerza de reaccion (619).

III.° Si se repite muchas veces eſta miſma operacion, *el Ayre contenido debaxo del Recipiente* continuará siempre en virtud de su fuerza expansiva en dilatarse y dividirſe proporcionalmente entre el Recipiente y el Cuerpo de bomba. Eſte ayre antes de la primera baxada del émbolo tenia una densidad y fuerza como 1 con la qual hacia equilibrio por su reaccion con toda la columna que cargaba ſobre él; despues de las varias baxadas del émbolo que le dividen ſuccesivamente en mitades, tendrá ſuccesivamente una densidad y fuerza como $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$, $\frac{1}{64}$, $\frac{1}{128}$, $\frac{1}{256}$, y así progresivamente.

Suponemos aqui que la Máquina eſtá en su mayor perfeccion; lo que jamas se debe esperar en la práctica.

Por

623. Nota I. Por esta teoría práctica se echa de ver que quando se hace el Vacío en la Máquina Pneumática no se puede hacer jamas un *Vacío perfecto*, por que prescindiendo de que la materia etherea mas sutil que el ayre puede pasar libremente por los poros del Cuerpo de bomba y del Recipiente, por mas veces que se baxe y suba el émbolo no se hará mas que dividir la masa primitiva del ayre en porciones mas y mas rarefactas, mas y mas pequeñas.

I.° Así que se produce el Vacío el Recipiente adhiere fuertemente á la platina. Esta adherencia proviene de la pesantez de toda la columna de ayre que sostiene el Recipiente, y así si el Vacío fuera perfecto, para separar el Recipiente de la platina seria necesaria una fuerza capaz de levantar una columna de agua como de 32 pies de altura y de la misma base que el Recipiente. (628).

II.° Si se dexa volver á entrar el ayre debaxo del Recipiente, cesa la adherencia porque el ayre interior oprimido por el exterior se comprime, condensa y adquiere una reaccion enteramente igual á la presion de la columna de ayre que gravita sobre el Recipiente; y así el ayre que está debaxo del Recipiente tira á elevar el Recipiente hácia el Zenit con otra tanta fuerza como el ayre exterior tira á precipitarle hácia el centro de la Tierra, y siendo estas dos fuerzas iguales y opuestas se destruyen recíprocamente, y el Recipiente queda entregado á su simple gravedad propia.

III.° Hay no obstante una pequeña adherencia entre el Recipiente y la platina quando despues de haber extraido el ayre se le dexa entrar libremente en el Recipiente por el cuerpo de Bomba y Canal de comunicacion. Esta pequeña adherencia es ocasionada por el contacto mas íntimo que ha dado á las partes del vidrio, cuero y platina la presion del ayre exterior y la salida del ayre interior: lo que confirma la explicacion que hemos dado en otra parte tratando de averiguar la causa de la Solidez de los cuerpos (221). La misma adhe-

rencia y por la mifma caufa se verifica en la Máquina de Magdebourg.

624. Nota II. Se puede abrir en la parte fuperior de la *Campana de vidrio* E Z un pequeño agujero circular por donde pafe y el que llene exâctamente una barreta cilíndrica de cobre T Z (Fig. 81).

Efte agujero cubierto por su parte interior y exterior de cuero y fieltro dado de aceyte y grafa dexará baxar y fubir de Z á E la barreta cilíndrica perfectamente igual y lifa T Z sin dar pafo al ayre exterior. Con efta barreta doblada en forma de gancho por su extremidad Z se podrán levantar y baxar, unir y feparar los cuerpos colocados debaxo de la campana sin deftruir el Vacío en que se opera, lo que es de muchísima utilidad para poder hacer infinitos experimentos curiofos é interefantes. Se verá una prueba y aplicacion de efto en la Máquina siguiente.

MAQUINA DE MAGDEBOURG.

625. Descripcion. Sean *dos Hemisferios huecos* A y B de cobre ó de qualquiera otra materia fólida é impenetrable al ayre, y conftruidos de fuerte que puedan unirfe perfectamente uno á otro por la fuperficie bien lifa de su eqüador, y tenga uno de eftos dos emisferios un Canal de cobre B *m n* que pueda abrirfe y cerrarfe fegun se quiera por medio de un tornillo C agujereado en su diámetro, á fin de que por medio de efte Canal, del Tornillo y de la Máquina Pneumática se pueda extraer el ayre contenido en la capacidad de eftos dos Emisferios. Efta ferá la *Máquina de Magdebourg*, así llamada porque fué inventada en la Ciudad de efte nombre por el mifmo Othon de Gueric que inventó la Máquina del Vacío. (Fig. 82)

I.° Aplíquenfe uno contra otro eftos dos Emisferios metiendo en medio de los círculos contigüos que forman su Equador y deben eftar perfectamente lifos un cuero mojado agujereado por el medio, y despues de

haber pueſto el Canal B *m n* ſobre la platina E de la Máquina Pneumática extráigaſe el ayre contenido en su capacidad lo mas completamente que se pueda (Fig. 82 y 86).

Deſpues que se haya hecho el Vacío en lo interior de eſta máquina , lo que se consigue ſubiendo y baxando el émbolo de la máquina Pneumática y abriendo y cerrando á tiempo el tornillo C de la Máquina de Magdebourg , el ayre circundante que obra por todas partes contra los dos Emisferios A y B sin que su accion ſea deſtruida por la reaccion opueſta del ayre interior que se ha extraido les comprimirá uno contra otro con una fuerza tan grande que ſerá capaz de reſiſtir á la pesantez de un cuerpo de dos ó treſcientas libras y que ſerá mayor ó menor á proporcion de que el Vacío ſea mas perfecto, de que el diámetro de los dos emisferios ſea mayor , y de consiguiente mas considerable la columna de ayre que les comprime y aplica uno contra otro (Fig. 81 y 82).

II.° Si debaxo de una Campana grande de vidrio de una Máquina Pneumática se cuelga en Z la Maquina de Magdebourg A B , vacía de ayre y cargada con un peſo P incomparablemente menor que el que pudiera ſoſtener á ayre libre:

Así que se extrae el ayre del Recipiente los dos emisferios A y B se ſeparan uno de otro porque la cauſa que los unia y aplicaba uno contra otro que era la presion del ayre , se debilita y ceſa en fin al paſo que ſe hace el vacío debaxo de la campana , pues al miſmo paſo el ayre enrarecido no comprime eſtos dos emisferios uno contra otro con la miſma fuerza que lo hacia quando era mas denſo.

III.° Si eſtando vacía de ayre la Máquina de Magdebourg , y fuertemente adherentes entre sí ſus dos emisferios se fixa horizontalmente ſobre la platina y debaxo de la campana de una Máquina Pneumática su emisferio inferior B , y se engancha en Z su emisferio superior A (Fig. 81.):

Hecho el Vacío debaxo del recipiente ſerá fácil elevar en la direccion Z T el emisferio ſuperior A que sin mucha resiſtencia se ſepara del emisferio inferior B.

Pero si despues de haber ſeparado eſtos dos emisferios en el Vacío se les vuelve á aplicar uno contra otro dentro del miſmo Vacío por medio de la barreta móvil T Z dexando que el ayre exterior vuelva á entrar en la Campana de vidrio, se les da otra vez á los dos emisferios su adherencia primitiva porque eſtando lo interior del globo como vacío de ayre, en el inſtante en que se unen íntimamente los dos emisferios el ayre que entra despues debaxo del recipiente y que no puede entrar en lo interior del globo emplea toda su fuerza lo mismo que antes en comprimir los dos emisferios uno contra otro.

ASCENSO DE LOS LIQUIDOS EN EL VACIO.

626. EXPERIENCIA I. Póngaſe debaxo de la Campana de una Máquina Pneumática una Mortera grande ó Arteſoncillo M N lleno de agua y ſobre él un *Tubo cilíndrico* de vidrio A B, largo pero de menos de treinta ó treinta y dos pies de altura, abierto en B, cerrado herméticamente en A, y perpendicular á la ſuperficie del agua en que debe de eſtar algun tanto metido.(*Fig.* 73).

I.° Antes que se haga el Vacío debaxo de la campana, el ayre encerrado en el Tubo cilíndrico A B no ſale de él porque comprimiendo á la ſuperficie del agua al ayre que rodea eſte tubo, resiſte á la fuerza eláſtica y expansiva del ayre encerrado en el tubo á la qual iguala y deſtruye. Y el agua no ſube por el tubo B A arriba porque la accion del ayre exterior que tira á hacerla ſubir es deſtruida por la accion igual y opueſta del ayre encerrado en el tubo que tira á impedírſelo; pues siendo *estas dos Fuerzas*, la accion del ayre exterior y la reaccion del interior iguales y opueſtas no deben de producir efecto alguno.

II.° Si se hace el Vacío debaxo del recipiente por medio de una Bomba pneumática cuya capacidad ſea

enteramente igual á la del Recipiente, baxado la primera vez el émbolo el ayre se enrarece una mitad (622).

De aqui debe resultar que el ayre contenido en el cilindro A B, la mitad mas denso que el ayre que le rodea debaxo del recipiente, en virtud de su mayor fuerza expansiva se abra paso por entre la masa del agua y se ponga en equilibrio con la masa de ayre que se contiene en el recipiente y la bomba. De suerte que si la capacidad del tubo A B es como nula en comparacion de la de la bomba y el recipiente, el ayre que quede en él no debe tener mas que *la mitad* de la densidad y masa que tenia antes.

III.° Si despues de la primera baxada del émbolo que ha enrarecido una mitad el ayre del recipiente y del tubo A B se abre el tornillo de la Máquina Pneumática, el ayre exterior vuelve á entrar debaxo del Recipiente, sin que pueda volverse á introducir en el tubo B A cuyo orificio está metido en el agua: y así este ayre hace subir por el tubo B H una *columna de agua* B R que ocupa la mitad de él.

De modo que el ayre que se ha escapado de lo interior del tubo es reemplazado por una *quantidad de agua de igual volúmen*; y el ayre R A que queda en el tubo vuelve á tomar y conserva la densidad que antes tenia, asi que el ayre que le rodea exerce libremente su accion y presion sobre la superficie del agua M N.

IV.° Si se enrarece el ayre del Recipiente de suerte que quede reducido á un quarto de su densidad primitiva, se enrarece igualmente el ayre del pequeño cilindro A B, y quando en el ayre del recipiente cesa la rarefaccion sube por el cilindro A B una *columna de agua* B S que ocupa los tres quartos de su capacidad.

627. Corolario. Resulta de esta Experiencia, *que el volúmen de agua que sube en un Tubo en que el ayre se ha enrarecido es exáctamente igual al volúmen de ayre que ha salido.*

Podemos pues medir la quantidad de rarefaccion que ha padecido la masa del ayre á quien reemplaza el agua por la quantidad de ésta que sube mas arriba de su su-

perficie M B N en un tubo como el de que hablamos. Y recíprocamente si la columna de agua B R que ha subido en el tubo baxa y se disminuye, podrémos medir por esta disminucion la quantidad de aumento que adquiere la masa del ayre encerrada en el tubo.

628. EXPERIENCIA II. Sea A B un Tubo no capilar de vidrio de quarenta ó cinquenta pies de altura, puesto sobre una tablita al modo que se suelen poner los barómetros, cerrado en A y abierto en B. (*Fig.* 73).

Despues de haberle puesto en una direccion un poco inclinada al horizonte llénesele de agua por el orificio B. Póngasele despues en una direccion vertical sobre un baño grande M N lleno de agua.

Se verá que el agua contenida en este Tubo no se sostiene en columna á la altura de quarenta ó cinquenta pies sino que baxa y refluye al baño hasta quedarse en R en donde tiene como *treinta y dos pies de altura* sobre el nivel M N. Y entonces dexará de baxar mas abaxo sosteniéndose constantemente á la misma altura con algunas pequeñas alternativas, dexando de consiguiente mas arriba del punto R un gran vacío R A en donde no habrá ni ayre ni agua.

Si este Tubo en vez de estar lleno de agua lo estuviera de mercurio y puesto verticalmente sobre un baño lleno de mercurio, la columna de mercurio B V solo se sostendria á unos *dos pies y medio* sobre el nivel M N, y dexaria mas arriba un gran vacío V A en donde no habria ni mercurio ni ayre.

629. EXPLICACION. I.° La *Columna de agua* se sostiene en R como á treinta y dos pies mas arriba de su nivel porque la presion del ayre exterior lucha contra su pesantez con una fuerza igual y opuesta á la del agua. El ayre exterior que gravita por todas partes sobre la superficie M N del baño hace para subir de B á R otro tanto exfuerzo como hace la columna de agua para baxar de R á B y así siendo iguales y opuestas estas dos fuerzas se destruyen constantemente, y permanecen en equilibrio entre sí. (*Fig.* 73.)

La columna de agua R B no puede baxar á no ser que se haga mas débil que la fuerza opuesta ó que la presion de la *Columna de ayre* que tira á hacerla subir y la sostiene á una altura determinada. Tampoco puede baxar á no ser que adquiera mas masa y de consiguiente mas fuerza motriz que la que tiene la columna opuesta de ayre la qual debe ceder hasta que esten iguales en fuerza una con otra. De aquí el baxar el agua en el Tubo R hasta unos treinta y dos pies mas arriba del nivel M N en donde la accion de la columna de agua y la reaccion de la de ayre estan enteramente iguales en fuerza.

II.° El Mercurio baxa y se sostiene dentro del mismo Tubo en V como á dos pies y medio mas arriba de su nivel M N, y de consiguiente mucho mas abaxo que el agua porque teniendo el mercurio mucha mas densidad que el agua, una columna de mercurio de menor altura basta para hacer equilibrio con la fuerza que haria subir al agua y hace subir al mercurio que es la presion de la *Columna de ayre* que gravita sobre el baño M N.

El Mercurio en igualdad de volúmen tiene como catorce veces mas masa que el agua, y así una columna de mercurio de catorce veces menos altura que otra de agua basta para resistir y hacer equilibrio con la misma fuerza opuesta. De aquí el mayor descenso del Mercurio que del Agua.

630. Corolario. De esta Experiencia resulta *que los Líquidos no se sostienen en el Vacío á qualquiera altura sobre su nivel sino solamente á aquella que deben tener para hacer equilibrio por su masa con la Columna de ayre cuya presion lucha contra ellos.* (Fig. 73).

Explicacion. Debe pues ser diferente esta altura segun la diferente densidad de los Líquidos que se sostienen en el Vacío, menor en los mas densos y mayor en los ménos densos, ó lo que es lo mismo *en razon inversa de las densidades.*

631. Nota. En el tiempo en que se atribuia todavia el ascenso de los Líquidos en el Vacío al *horror de la Naturaleza al Vacío*, se sorprendió Galileo al ver que

efte horror de la Naturaleza tenia límites, que eftos límites variaban fegun la diferente densidad de los Líquidos, que en un Tubo de cinquenta ó fesenta pies lleno de agua el horror de la Naturaleza al vacío no hacia fubir al agua á mas que á treinta y dos pies sin que el vacío fuperior de unos veinte ó treinta pies irritafe á la Naturaleza y que en el mismo Tubo lleno de mercurio el horror al vacío no hacia fubir al mercurio á mas que á unos dos pies y medio sin que el vacío fuperior de mas de quarenta ó cinquenta pies excitafe mas la accion de la Naturaleza. (*Fig.* 73.)

Efta obfervacion bien comprobada y verificada hizo defvanecer la causa fabulosa, y defcubrir la verdadera del *ascenso de los Líquidos en el Vacío.* Efta no es otra que la presion del ayre, la qual debe hacer fubir los diferentes Líquidos á diferentes alturas en razon inversa de fus densidades, y jamas á una altura fuperior á la que pueden producir su peso y reforte.

LA GERINGA.

632. DESCRIPCION. Sea una *Geringa de vidrio* A B C armada con su émbolo D que llene perfectamente la capacidad cilíndrica de la Geringa en la parte que ocupa (*Fig.*97).

I.° Si se mete verticalmente la Geringa en el agua, no entra en ella nada ó casi nada de agua, porque el ayre interior D B si es que queda alguno entre el émbolo y el fondo de la Geringa resifte eficazmente por su reforte á la presion del ayre exterior que hace exfuerzo para hacer entrar el agua en ella.

Y siendo dos fuerzas iguales y opueftas la *presion del ayre exterior* y la *reaccion del interior*, su efecto es nulo, y el agua no es folicitada por fuerza alguna á fubir por el cuerpo de la Geringa.

II.° Si eftando la Geringa metida en el agua se tira del émbolo haciéndole fubir de D á A entra en la Geringa un volúmen de agua exáctamente igual al *espacio vacío* que ha dexado el émbolo, el qual pafando de A á

á B arroja delante de sí todo el ayre D A que se contenia en este espacio.

La razon de que entre en la Geringa este volúmen de agua, es porque la presion del ayre exterior fuerza al interior B D que se dilata por la subida del émbolo á recobrar su primera densidad, lo que no puede conseguir de otro modo que haciendo subir en la Geringa mediante su presion sobre toda la superficie del agua un volúmen de ésta igual al espacio que ha andado el émbolo pasando de D á A (626).

III.° Habiendo quedado algun volúmen de ayre entre el émbolo y el agua, si despues de haber sacado del agua la Geringa se empuja rápidamente el émbolo desde A á D haciéndole parar y quedar inmóvil en D, el agua saldrá con violencia por el orificio C aunque el émbolo no toque al agua, porque el ayre comprimido y condensado entre el émbolo y el agua tiene mucho mas resorte y fuerza expansiva que el ayre exterior (619), y así obliga al agua á salir por el orificio C no obstante la resistencia que la opone la accion mas débil del ayre exterior, hasta que la fuerza constante de éste llegue á igualar á la suya que es una fuerza descreciente.

El Barometro.

633. Descripcion. Sea un Tubo de vidrio G M H como de tres pies de altura, de dos ó tres lineas de diámetro, y abierto únicamente en el punto H. Llénese por este orificio H de un mercurio muy puro el tubo M G inclinándole de un modo conveniente para que el peso del mercurio haga salir todo el ayre que se contenia en este espacio. Désele despues á este Tubo una situacion vertical. Este tubo así colocado será un *Barómetro*, instrumento que inventó Torricelli discípulo de Galileo hácia el año de 1643 (*Fig.* 88).

634. Explicacion. I.° El Mercurio baxará desde el punto G hácia A el espacio G A que quedará vacío de ayre y de mercurio. Baxando el mercurio este espacio, refluirá á la bola N H que debe así llenarse

de mercurio hasta la altura D N de su mayor diámetro. Si el mercurio sube mas arriba de N es necesario hacer salir el exceso, y si sube menos se debe añadir lo que falta. El nivel de N es el punto desde donde se empieza á contar la *elevacion de la columna* D A, pues la parte D M no se cuenta por nada porque solo sirve para hacer equilibrio con la otra parte N M (*Fig.* 88).

II.° La columna A D de mercurio en su *altura media* en Paris queda suspendida á veinte y siete pulgadas y media sobre el nivel D N. ¿Que fuerza sostiene á esta columna D A á esta elevacion de donde su pesantez la solicita continuamente á baxar?

Es evidente que esta fuerza que hace equilibrio con la columna de mercurio y la impide baxar, no puede ser otra que la de la *Columna de ayre* que carga sobre la superficie N del mercurio tirando á subir por el Tubo en la direccion H M G con otra tanta fuerza como la columna de mercurio tira á baxar en la direccion A M H.

Es evidente que una columna de ayre que hace equilibrio con una columna de mercurio tiene otra tanta pesantez como ella; es pues evidente que el ayre tiene en sí mismo y por sí mismo una pesantez real.

III.° La columna de mercurio D A no tendrá siempre exâctamente la misma elevacion, baxará succesivamente de A á B, y de B á C para volver á subir despues de C á B, y de B á A segun que la columna de ayre que hace equilibrio con ella se halle actualmente mas ó ménos pesada y elástica.

La columna A D de mercurio baxa quando la presion del ayre sobre la superficie N se hace mas débil; la columna D C de mercurio sube quando la presion del ayre sobre el mercurio N se hace mas fuerte; de modo que la accion ó pesantez de la columna de mercurio es siempre igual á la presion ó reaccion actual de la columna opuesta de ayre (637).

IV.° Si se lleva succesivamente este Barómetro á diferentes alturas de una montaña, aunque durante el tiem-

po de este transporte la pesantez y resorte del ayre no padecen mudanza alguna, lo que se puede conocer con seguridad dexando al pie de la montaña un observador atento con otro igual Barómetro, se verá que *la Columna de mercurio* D A *se hace cada vez mas corta á medida de que se sube mas arriba.*

La razon es porque la columna de ayre que hace equilibrio con la de mercurio D A es mas corta, y por lo mismo ménos pesada y elástica en lo alto que al pie de la montaña.

V.° Si se pone el mismo Barómetro debaxo del Recipiente de una Máquina Pneumática cuya Bomba y Recipiente herméticamente cerrado en N sean exâctamente de igual capacidad uno y otro; (*Fig.* 87)

Despues de la *primera baxada del émbolo* el ayre contenido debaxo del recipiente habrá perdido la mitad de su densidad (622), y por lo mismo la mitad de la presion que hacia sobre la columna de mercurio suspendida en el tubo. De consiguiente la columna de mercurio baxará la mitad de su altura de A á B, por exemplo de veinte y ocho pulgadas á catorce.

Despues de la *segunda baxada del émbolo* el ayre del recipiente habrá otra vez perdido la mitad de su densidad y presion restantes, y de consiguiente la columna de mercurio baxará todavia la mitad de su altura restante de B á F de catorce pulgadas á siete.

Despues de la *tercera baxada del émbolo* el ayre del recipiente enrarecido aun la mitad mas, perderá la mitad de su fuerza restante, y el mercurio baxará todavia en el tubo la mitad de su última altura de siete pulgadas á tres y media.

¿En suposicion de unos hechos como estos evidentemente comprobados y que todo el mundo puede fácilmente verificar, podrá quedar duda alguna acerca de la causa que sostiene la columna de mercurio en el Tubo vacío de ayre? Segun el Abate Nollet una buena Máquina Pneumática hace baxar y sostiene la Columna de mercurio á una linea mas arriba del nivel C D,

como él mismo lo vió haciendo la experiencia por sí mismo. Pero al inſtante que se le dexa al ayre exterior volver á entrar debaxo del Recípiente el mercurio vuelve á ſubir con prontitud por el Tubo, y recobra su altura primitiva.

VI.° Si en vez de enrarecer el ayre en el Recipiente C D M N se le condensa, el mercurio ſube en el tubo M A proporcionalmente á la densidad del ayre del recipiente. Por exemplo: ſupongamos que el Tubo vacío M A tenga como ciento y veinte pulgadas de altura, y que el recipiente C D M eſtá de tal ſuerte fixado en la platina, que aunque se condense baſtante el ayre contenido en él no le pueda ſeparar.

Hágase entrar debaxo del Recipiente C D M por medio de una Bomba pneumática una quantidad de ayre igual á la que eſtaba ya en él. En eſte caso el mercurio que en fuerza de la presion del ayre en su eſtado anterior se ſoſtenia á unas veinte y ocho pulgadas de altura ſubirá y se ſoſtendrá en el tubo á una altura doble, ó á cinquenta y seis pulgadas; y si el ayre del Recipiente C D M se hace quatro veces mas denso la Columna de mercurio ſubirá y se ſoſtendrá á una altura quatro veces mayor, ó á ciento y doce pulgadas ſobre su nivel C D. Luego el *Resorte del ayre* es la causa que hace ſubir y ſoſtiene el mercurio en el Vacío. Luego la fuerza del resorte del ayre es proporcional á su densidad.

635. Nota I. Si se cierra herméticamente el Barómetro G M H en el punto H quando la columna de mercurio ha ſubido haſta el punto A, eſta columna D A se ſoſtendrá siempre invariablemente á la *misma altura* baxo de un mismo grado de calor y frio, ſea que se lleve eſte barómetro á la cima de las mas altas Montañas, ſea que se le ponga debaxo del Recipiente de una Máquina Pneumática vacía de ayre (*Fig.* 88).

La razon es porque el pequeño volúmen de ayre N H que lucha contra la ſuperficie del mercurio conſerva siempre la misma reaccion que tenia en el mo-

mento en que se cerró herméticamente el orificio H. Eſte ayre encerrado no carga ya ſobre el mercurio en virtud de la peſantez de las columnas de la Atmósfera con quienes no tiene comunicacion alguna, pero carga ſobre él en virtud de la reaccion que tenia quando eſtaba comprimido por toda la peſantez de la columna atmosférica á que correspondia quando se la cortó la comunicacion.

636. COROLARIO. De eſta experiencia conocida de todo el mundo se deducen las dos verdades siguientes: á ſaber

I.° *Que el Ayre se comprime por su propio peso, y adquiere por esta compresion una reaccion siempre igual á la accion ó pesantez de toda la columna de ayre que le comprime* (Fig. 87 y 88).

II.° *Que la Elasticidad del ayre es una elasticidad perfecta tanto en su intensidad como en su duracion.*

637. NOTA II. Habiendo ya explicado ſuficientemente quanto pertenece al mecanismo físico del *Barómetro*, réſtanos decir algo ſobre su uso (*).

I.° El Barómetro ſeñala siempre con mucha exâctitud las *Mudanzas de pesantez* ó *resorte* del Ayre exterior con quien comunica por el orificio H: pues la Columna de mercurio D A ſube mas ó ménos á proporcion de que el ayre exterior es mas ó ménos peſado, mas ó ménos eláſtico (*Fig.* 88).

En un buen Barómetro la *altura media* B D de la columna de mercurio es de unas veinte y siete pulgadas y diez lineas *al nivel del Mar* en Francia, Inglaterra, Italia, en el Perú, en el Cabo de Buena-Esperanza, en general en las quatro partes del mundo. Si algunos modernos Viageros la han hallado baſtante menor en algunos paises meridionales se puede temer que ſus observaciones no ſean baſtante exâctas haſta que reiteradas

(*) ETIMOLOGIA. *Barómetro*, medida del peso del ayre; de *pondus* y de *mensura*. La columna de mercurio muestra el peso de una columna de ayre de igual diámetro y que tiene por altura la altura de la Atmósfera.

baſtantes veces y con toda escrupulosidad hagan perder su autoridad á las de Bouguer, de la Condamine, y muchos otros célebres Observadores.

En un buen Barómetro ſuponiéndole colocado á diferentes alturas *sobre el nivel del Mar* en lo interior de los Continentes ó de las Islas, *la altura media* B D de la columna de mercurio varía indefinidamente; es de 27 pulgadas y 6 lineas en la Sala del Observatorio Real de Paris; de 20 pulgadas y 1 linea en Quito Ciudad del Perú; de 17 pulgadas y 5 lineas en el Pico de Tenerife; de 15 pulgadas y 11 lineas en la Cima pedregosa del Monte Pichincha en el Perú; y de 19 pulgadas y 8 lineas en la cima de algunas Montañas de los Alpes.

Demoſtrarémos bien pronto como se puede inferir de eſta desigualdad de altura de la Columna de mercurio la altura que tienen los Montes, Ciudades y diferentes Paises ó terrenos situados ſobre el nivel del Mar y baxo de la misma latitud (663 y 664).

II.° No ſeñala el Barómetro con la misma exâctitud las *Mudanzas del tiempo* mas ó ménos próxîmas ó distantes. Nosotros hemos observado eſte Inſtrumento con baſtante cuidado durante muchos años en el Delfinado y en el Franco-Condado, y hemos viſto á veces la mayor elevacion acompañada ó cercana á un mal tiempo; bien freqüentemente la menor elevacion acompañada ó cercana á un buen tiempo; y la *altura media* acompañada indiferentemente por ſemanas y meses enteros con bueno y mal tiempo.

III.° Tambien hemos observado que los *Barómetros mas comunes* que los Tenderos venden muy baratos, ſon tan buenos para anunciar las mudanzas del tiempo, como los mas grandes y excelentes. Porque aunque en los primeros no ſuba por lo comun el Mercurio tan arriba como en los últimos, ſube y baxa con tanta proporcion como en eſtos, ſegun que la peſantez y elaſticidad actuales de la Atmóſfera padecen mudanzas mayores ó menores.

Tanto unos como otros no contando con el Aspecto del Cielo y otros Indicios físicos que se pueden tener por otra parte, son garantes tan poco seguros del bueno ó mal tiempo que apenas se puede apostar sobre su indicio uno contra uno, en especial en la Primavera y en el Otoño. Pero quando su indicio concurre y se conforma con el que puede dar el conocimiento experimental de la Naturaleza en esta materia, entonces estos dos indicios se fortifican uno á otro, y dan juntos una Probabilidad incomparablemente mayor que la que daría cada uno de por sí.

Las diferentes Bombas.

Las *Bombas* son máquinas hidráulicas destinadas á subir el agua á diferentes alturas para los varios usos de la vida. Las hay *Atraentes*, las hay *Impelentes*, y las hay *Atraentes é Impelentes á un mismo tiempo.* Vamos á dar una idea sucinta y clara de la construccion, mecanismo y uso de unas y otras (566).

Bombas Atraentes.

638. Descripcion. Sea un gran Cilindro hueco A B G perfectamente liso por de dentro y de igual diámetro en todo el espacio por donde se debe mover un Embolo de metal M de modo que el ayre no pueda de modo alguno introducirse por entre el émbolo y la superficie interior del cilindro. En el fondo de este Cilindro que estará metido en el agua deberá haber una *Válbula* ó portezuela V que pueda abrirse de abaxo arriba por el impulso del agua, y cerrarse despues perfectamente por su propio peso (*Fig.* 94).

El Embolo M debe tener en toda la longitud de su exe un *Orificio bastante grande* M N sobre el qual deberá haber tambien una Válbula N que pueda abrirse hácia arriba por el impulso del agua, y cerrarse des-

pues perfectamente por su propio peso (221). Con esto se tendrá una *Bomba atraente* cuyo mecanismo físico explicarémos brevemente.

I.° Si el Embolo de metal M en fuerza de su propio peso baxa hasta el fondo de la bomba de modo que toque en la superficie del agua, no habrá vacío alguno entre el émbolo y el agua.

II.° Si el Embolo entregado á la accion de la potencia P sube de V á M cosa de un pie mas arriba de la superficie del agua se hará un vacío entre V y M, y la presion del ayre exterior que puede hace subir el agua en el Vacío á la altura de treinta y dos pies la hará subir facil y prontamente á la altura de uno, forzando á la Válbula inferior V á que se abra y la dé paso á lo interior de la bomba V M (630).

III.° Quando la Potencia P que ha elevado el Embolo á M dexe de obrar, el émbolo M mucho mas pesado que igual volúmen de agua tendrá que precipitarse en virtud de su exceso de pesantez en V.

Como la *Válbula* V se cierrra tanto por su propio peso como por el peso del émbolo y el agua que carga sobre ella, á medida de que el émbolo M baxe el agua á quien oprime subirá sobre él por su orificio diametral N, y quando el émbolo llegue á V toda la columna de agua M V de un pie de altura estará sobre él.

IV.° Quando el Embolo vuelve á subir á la altura de un pie de V á M eleva sobre sí la columna de agua M V que descansa sobre él. Forma pues un nuevo Vacío de un pie de altura entre V y M, el qual es bien pronto llenado por el agua que la presion del ayre exterior hace entrar en la Bomba por la Válbula V.

V.° Quando la Potencia P dexe otra vez de obrar, el Embolo en virtud de su exceso de pesantez vuelve á baxar de M á V, y la *nueva Columna de agua* que está entre el émbolo M y la Válbula V se abre paso por el orificio y válbula N, sube sobre el émbolo y va á ocupar el espacio N A.

A fuerza de subir y baxar en iguales términos el Embolo, hace subir sobre sí una columna de agua que ven-

vendrá á salir por C D á qualquiera altura dada, mientras que la Potencia P esté poniendo en movimiento la Bomba atraente. (*Antlia quæ agit, quasi sugendo, et aspirando aerem unde enascitur Vacuum.*)

VI.° Aun quando el Embolo M obrase á veinte y cinco ó treinta pies mas arriba de la superficie del agua, no dexaria de subir del mismo modo el agua. Supongamos que el Embolo M colocado á veinte y ocho pies mas arriba de la superficie del agua B G se mueve desde M á H y desde H á M.

Quando el Embolo baxa de M á H comprime el ayre que media entre M y V, y éste comprimido abre por su resorte la Válbula N y sube sobre el émbolo. Quando el émbolo sube despues de H á M eleva sobre sí el ayre que se ha puesto sobre la Válbula cerrada N, y enrarece el ayre que queda entre él y la Válbula V.

Habiéndose enrarecido la Columna de ayre M V tiene menos accion que el ayre exterior mas denso que carga sobre la superficie del agua. Para restablecer el equilibrio el ayre exterior hace subir en la bomba mediante su exceso de accion por la Válbula V un *volúmen de agua* igual al volúmen de ayre que sube por la Válbula superior N cada vez que el émbolo baxa de M á H. (627). Asi subirá el agua sucesivamente en la Bomba V M hasta que llegue á tocar en el émbolo M, y entonces el émbolo baxando en la *Columna de agua* la hará subir sobre sí por el orificio N.

Pero si la altura V M fuese de mas que de treinta y dos pies, la Columna de agua jamas llegaria á tocar en el émbolo porque la presion del ayre exterior no puede hacer subir al agua en el Vacío á mas que á treinta y dos pies de altura (630).

VII.° No es necesario que la Bomba atraente sea en toda su altura lisa y cilíndrica como lo es en el espacio M H en que se mueve el émbolo. Mas arriba ó mas abaxo del sitio en que obra el émbolo se la puede hacer de la materia y darla la figura que se quiera.

639. Nota. Hemos visto atras que los Líquidos gra-

vitan en razon compuesta de sus alturas y bases, sea la que quiera la capacidad del resto del vaso que los contiene (575).

Y así si el Embolo M es de tal anchura que la columna de agua de que es la base pese diez libras por pie, y el resto del Tubo que está sobre él N A, qualquiera que sea su figura y grandor tiene treinta pies de alto: la suma de la carga que obra contra el Embolo M y la potencia P será 300 producto de 30 × 10.

No se gana pues nada en favor de la Potencia P en hacer los Tubos mas estrechos desde el Embolo arriba; pero se puede ganar mucho en poner el émbolo á una altura conveniente mas arriba de la superficie del pozo ó depósito B G.

BOMBAS ATRAENTES E IMPELENTES.

640. DESCRIPCION. Sea un Cilindro hueco A B V N que tenga una Válbula V y un canal C D con otra válbula C que se abra en la direccion C D. Ajústese á este cilindro un Embolo M que no está agujereado; se tendrá con esto una *Bomba atraente é impelente.* (Fig. 95).

I.° Quando el Embolo sube de V á M la válbula C se cierra herméticamente por su propio peso, y la válbula V se abre por el impulso del agua que la presion del ayre exterior hace subir en el Vacío V M.

II.° Quando el Embolo baxa de M á V, la válbula V se cierra, la otra válbula C se abre, y el agua M V cargada é impelida por la Potencia P sale por el canal C D, y es arrojada hasta F.

Si el canal C D es un *Canal flexible de cuero* se podrá muy bien dirigir hácia qualquiera parte el agua que sale con una fuerza proporcionada á la que la impele.

III.° Si á esta Bomba atraente é impelente se la asocia otra bomba semejante y paralela á ella, se tendrá una *Bomba doble* que arrojará el agua sin interrupcion adonde se quiera. (*Fig.* 93.)

Por medio de una doble palanca cuyo punto de apoyo N deberá eſtar situado entre los dos Cilindros huecos, el uno de los dos Embolos ſubirá quando el otro baxe, y de consiguiente el *agua continuamente arrojada* por una de las dos bombas A y B ſaldrá continuamente por uno de los dos canales V D que tienen una embocadura comun D. Eſta Bomba portátil es de un uſo maravilloſo en los Incendios.

El Sifon ó Cantimplora: Su mecanismo fisico.

641. Descripcion. Sea S D H un Tubo curvo de vidrio ó metal, ó de qualquiera otra materia ſólida. Eſte ſerá un Sifon o *Cantimplora.* (Fig. 83).

Si eſtando metida en un Líquido qualquiera la pierna mas corta D S del Sifon se aspira el ayre con la boca por la extremidad de la pierna mas larga, el Líquido correrá por eſta *pierna mas larga* mientras que la extremidad S de la pierna mas corta eſtá metida en el líquido. Por eſte medio se podrá ſacar todo el líquido contenido en una botella, un tonel ú otro qualquiera vaſo, con tal que la columna líquida que hay que hacer ſubir no peſe mas que una columna de ayre del mismo volúmen (630).

Explicacion. Antes de que se aspire el ayre en H no ſube la columna de agua en el Sifon no capilar S D mas que haſta el *nivel del agua contenida en el Vaso*; porque como hemos dicho (571) los Líquidos homogéneos entregados á su simple gravitacion se ponen por todas partes á nivel en los tubos ó depósitos que comunican entre sí. Si la columna de ayre M S hace exfuerzo para hacer ſubir al agua por el Tubo S D, la columna K H D hace por su parte un exfuerzo igual para impedirla que ſuba, y siendo eſtas dos fuerzas iguales y opueſtas se deſtruyen recíprocamente; y el agua no es elevada ni ſoſtenida en el Tubo por otra fuerza que por la de la presion de las columnas de agua adyacentes.

Pero quando se aspira el ayre en H, el agua de

vaſo ſube contra su gravedad desde S á D ; porque la *presion del ayre exterior* es capaz de hacer ſubir al agua en el vacío haſta la altura de treinta y dos pies. La columna de ayre M S consigue todo su efecto de presion y de impulsion , al paſo que la columna opueſta K H D no consigue el ſuyo de resiſtencia y reaccion quando se aspira el ayre en H.

El agua ſubida á D por la presion de la columna de ayre M S baxa á H , y viene á llenar la boca del que aspiraba y enrarecia el ayre del Sifon ; despues de lo qual continúa corriendo sin interrupcion , y en eſto es en lo que propiamente consiſte el *fenómeno del Siſon* que tratamos de explicar aquí.

I.° La Columna de ayre M S tira á mover el agua contenida en el Sifon en la direccion S D , y la columna K H la tira á mover en la direccion H D. Eſtas dos *Columnas de ayre* tienen por altura comun la altura de la Atmósfera que es ſeguramente de mas de ſeis leguas y verosimilmente de quince ó diez y ſeis (665). Y así la mas corta M S ſolo se diferencia infinitamente poco de la mas larga K H , y de consiguiente ambas ſon ſensiblemente iguales en peſantez y presion.

Pero eſtas dos columnas de ayre ſensiblemente iguales luchan en nueſtro caſo contra dos peſos desiguales; porque la columna de ayre M S lucha contra la columna de agua mas corta y menos peſada S D , al paſo que la columna de ayre K H lucha contra la columna de agua mas larga y mas peſada H D. Y así la *Columna de agua* D H por su exceſo de gravitacion obra con mas fuerza contra la columna de ayre K H que la otra columna de agua D S contra la otra de ayre M S. Debe pues la columna de ayre K H cargada con un peſo mas grande que la columna M S ceder á proporcion del exceſo de presion que padece y deſtruye en parte su accion , y de consiguiente la columna de agua D H mas peſada que la otra D S debe por su exceſo de peſantez baxar y correr continuamente en H.

Pero como el agua no puede correr de D á H sin

dexar un Vacío en D el qual sera llenado al instante á medida de que este vacío se forme ó tire á formarse, la columna de ayre M S forzará por su accion victoriosa al agua á subir sin cesar, y ocupar continuamente el espacio que dexe el agua que corre en H.

II.° Si las dos *piernas del Sifon* fueran de igual longitud D S y D A, el agua se mantendria suspensa en dos columnas en el Sifon sin correr ni á A ni á S; porque estas dos columnas de agua S D y A D serian impelidas hácia D por la presion de las dos columnas de ayre iguales é igualmente cargadas M S y K H.

Si la pierna mas corta del Sifon fuera la que estuviera fuera del agua, quando se aspirase el ayre en *n* se atraeria tambien el agua; porque la presion de la columna del ayre M S podria obrar con toda su fuerza para hacer subir el agua en el vacío S D *n*.

Pero en el instante en que se dexase de aspirar el ayre, lexos de baxar el agua á *n* volveria á subir de *n* á D y se precipitaria en el Vaso, porque la columna de ayre que cargaria al agua en *n* en la direccion *n* D S tendria menor peso que sostener, y perderia menor parte de su accion que la columna opuesta M S. Perdiendo menos de su accion la columna de ayre menos cargada por el peso del agua en *n* á causa de la menor resistencia del peso que sostiene, tiene un exceso de accion sobre la columna opuesta y la fuerza á ceder. Por eso el agua contenida en el Sifon entregada á la accion de estas dos fuerzas opuestas á quienes hace desiguales gravitando mas sobre una que sobre otra, cede á la presion de la fuerza que queda mayor subiendo de *n* á D, y baxando despues á S.

III.° Si la pierna S D del Sifon tuviera mas de treinta y dos pies de altura sobre la superficie del agua, por mas que se aspirase el ayre en H jamas se conseguiria atraer allí el agua, á causa de que la *presion de las Columnas de ayre* M S no puede hacer subir y sostener el agua en el Vacío á mayor altura que á la de unos treinta y dos pies; por lo que se ve que el Sifon no sirve

para conducir el agua á qualquiera altura (628 y 630).

Quanto mas la pierna exterior D H del Sifon exceeda en longitud á la que está metida en el agua, mayor será la quantidad de agua que saldrá por H; porque quanta mas longitud tiene la columna de agua D H, tanta mas pesantez tiene para destruir la presion de la columna de ayre K H que se opone á su libre curso, y que impide que la columna de ayre opuesta M S consiga todo su efecto de presion.

Si la columna de agua D H tuviera treinta y dos pies de altura destruiria completamente la accion de la columna de ayre K H, y la columna M S conseguiria todo su efecto de presion sobre la columna de agua S D del mismo modo que si obrase sobre ella en un Vacío perfecto.

LA EOLIPILA, Y LAS VENTOSAS.

642. DESCRIPCION I. La *Eolípila* es un vaso hueco de vidrio ó metal de figura de una pera de Donguindo A B, cuyo artificio y mecanismo describirémos en pocas palabras. (*Fig.* 89.)

I.° Si se pone la Eolípila sobre brasas, el ayre interior se dilata por el calor y sale por el orificio N, lo que produce un *Viento continuo* en N que tiene su direccion de adentro á fuera, y dura otro tanto como la dilatacion.

II.° Si se dexa despues enfriar la Eolípila, el ayre interior se condensa con el frio, y el exterior se precipita continuamente dentro de la Eolípila por el orificio N, á medida de que el ayre interior se hace mas denso y ocupa ménos espacio; lo que produce en N un *Viento continuo* opuesto al interior.

III.° Si quando la Eolípila está sumamente caliente se pone su pico sobre agua fria, la presion del ayre exterior hace entrar al agua en torrente dentro de este vaso, y el volúmen de agua N B, A N que entra en ella es igual al volúmen de ayre que habia hecho salir la dilatacion (627).

IV.° Si quando la Eolípila A B está llena en parte de agua y en parte de ayre se la pone sobre brasas, de modo que el agua ocupe la parte A B N, la dilatacion del ayre y el vapor del agua que exercen á un tiempo su fuerza expansiva contra el agua inferior la harán brotar con violencia á una altura muy grande M.

Si esta misma Eolípila en vez de agua estuviese llena de espíritu de vino en la parte A B N, poniendo una vela encendida al orificio N se haria formar un *Caño de fuego* N M que duraria hasta que se consumiese todo el espíritu de vino.

643. Descripcion II. Las *Ventosas* son vasos de vidrio ó barro A B proporcionados para ser aplicados contra la carne. (*Fig.* 96)

I.° Si en el fondo del vaso A B se meten unas estopas y se encienden, el ayre interior se dilata sumamente por el calor. Si inmediatamente se aplica la boca B de la ventosa sobre una parte carnosa del cuerpo humano á medida de que el ayre interior se condensa, acabándose el fuego se forma dentro de ella un Vacío considerable que no puede entrar á llenar el ayre exterior.

II.° El *Ayre contenido en la parte* sobre la que se aplica la ventosa, tira por su fuerza expansiva á introducirse en este Vacío B A, hace subir la carne, abre los poros y se introduce poco á poco en la Ventosa, trayendo consigo la sangre y humores á que estaba unido. Y esta accion dura debilitándose cada vez mas hasta que el ayre de la Ventosa que continuamente se va enrareciendo iguala en densidad y fuerza expansiva al ayre contenido en los humores, la sangre y las carnes, ó al ayre exterior.

Proposicion IV.

644. *El Ayre es un flúido al que condensa el frio, dilata el calor, cuyo resorte aumenta el fuego y cuya accion es necesaria á la vida de los animales, á la vegetacion de las plantas, y á la conservacion de la llama.*

DEMOSTRACION. Probarémos tódas las partes de esta Proposicion con tres experiencias físicas que acreditarán su verdad separadamente.

645. EXPERIENCIA I. Sea el Tubo A B cerrado en A y abierto en B, lleno de agua en la parte S B y de ayre en la parte S A (*Fig.* 73).

I.° Si se calienta la parte A S del Tubo se verá al ayre interior A S ocupar mayor espacio A R, y forzar al agua á baxar de S á R: luego *el Ayre se dilata con el calor.*

II.° Este ayre A R así dilatado por el calor resiste á la accion del ayre exterior que es mas denso, y tira á hacer subir el agua en el Tubo hasta S. Luego *el Ayre dilatado por el calor aumenta su resorte á medida de que pierde de su densidad*, supliendo el calor intrínseco que le anima á la densidad que le falta.

Este fenómeno no tiene nada de contrario á lo que hemos hecho ver en otra parte; á saber que el resorte del ayre crece al paso que se aumenta su densidad, pues esto se entiende quando el temple es el mismo.

III.° Si se cubre de hielo la parte A S del Tubo se verá al ayre interior ocupar un espacio menor *x* A reduciéndose á un volúmen mas pequeño, y dexando subir el agua á una altura mas grande desde S á *x*. Luego *el Ayre se condensa con el frio.*

Si se le vuelve al ayre A S á su primer temple, ó al mismo grado de frio ó calor que antes tenia, recobra el mismo volúmen A S. De lo que se infiere evidentemente que el aumento y disminucion de volúmen de que acabamos de hablar provienen de las Causas físicas que les hemos asignado.

646. EXPERIENCIA II. Si debaxo del Recipiente de una Máquina pneumática se mete un gato, conejo, pollo, paloma, ú otra qualquiera ave, éstos animales pierden la vida casi inmediatamente que se extrae el ayre y hace el Vacío.

Si debaxo del mismo Recipiente se pone un baño lleno de agua en que haya peces, la falta de ayre les ha-

hace perecer igualmente aunque mucho mas tarde.

Luego la experiencia demueftra que la *Accion del ayre es necesaria á la vida de los Animales.*

647. Explicacion. La Vida animal depende principalmente del *movimiento del Corazon*, y de la *Circulacion de la Sangre*; y eftos dos Principios deben casi todo su movimiento y accion á la presion y resorte del ayre.

I.° Introduciéndose el ayre en los pulmones se calienta y adquiere mayor volúmen y fuerza expansiva, y por medio de su volúmen y resorte así aumentados impele á la Sangre que fale del Ventrículo derecho, y la fuerza á pafar al Ventrículo izquierdo (516).

Efta accion, efte principio de movimiento y de vida es necefario que le falte al Animal asi que dexa de renovarse el ayre en fus pulmones.

II.° Exerciendo el ayre exterior su presion hácia todas partes fobre todas las del Cuerpo animal, carga é impele á las Venas, y facilita de efte modo la vuelta de la Sangre de las venas al corazon. De efte auxîlio carece el Animal luego que el ayre exterior dexa de obrar fobre él con su fuerza ordinaria.

III.° Es cierto que hay en la fangre y en los humores de los Animales una quantidad baftante considerable de ayre flúido y eláftico esparcido é interpuefto entre las moléculas de eftos Líquidos, el qual le sirve de confervar por su reforte la fluidez, movimiento y circulacion de eftos Líquidos. Y efto no puede fuceder quando el Animal dexa de respirar con libertad un ayre propio para reemplazar continuamente al que sin cesar se disipa, ó pierde su reforte en la circulacion ó por la transpiracion.

Por otra parte efte *Ayre interior* esparcido y metido en los poros de toda la fuftancia animal, en las venas, arterias, carne y huefos eftá ó debe eftar en equilibrio con el ayre exterior cuya presion contrarrefta por su resorte. Luego si fuftraido el ayre exterior *se acaba este equilibrio*, el ayre interior debe por su fuerza expansiva dilatarse con violencia, hinchar las partes y rom-

por los canales que le contienen, hacer mudar de rumbo y confundir la sangre y los humores; en una palabra interrumpir y destruir toda la Economía animal de que depende esencialmente la permanencia de la vida.

IV.° Los Animales que viven en el agua como los Peces y Anfibios, resisten á la sustraccion del ayre por mas tiempo que los animales acostumbrados á vivir siempre en este elemento; porque los animales aqüáticos tienen una *Constitucion particular* que no necesita de tanta quantidad de ayre, y en fuerza de la que pueden vivir bastante tiempo con sola la pequeña porcion de ayre que está mezclada con el agua (651).

Con todo perecen en fin faltándoles el ayre, porque dentro del Vacío el ayre por su elasticidad se escapa de entre el agua, y de consiguiente llega en fin el agua á no contener la quantidad de ayre necesaria á la vida de sus habitantes.

V.° Quando despues de haber extraido el ayre se le dexa volver á entrar súbitamente en el Recipiente, se le ve al Animal experimentar una horrible convulsion en todo el interior de su máquina.

La razon es porque volviendo á entrar el ayre con un ímpetu inconcevible en lo interior del Animal, comunica á su sangre y humores un impulso destructor que por lo comun rompe sus pulmones, venas y arterias, y hace brotar á la sangre por los canales que ha rasgado y roto.

VI.° Los Animales domésticos se debilitan y perecen en fin si se les tiene en un establo en que el ayre no se renueve con libertad, ya sea porque en semejante lugar respiran un ayre cargado de exâlaciones malignas, ya sea porque este ayre aunque sano á fuerza de pasar y repasar continuamente por sus pulmones se carga de vapores que le hacen perder su *virtud elástica*, la qual le es necesaria para poner en movimiento los órganos, y producir la circulacion de la sangre y humores.

Los mas de los Animales aqüáticos necesitan tambien renovar de tiempo en tiempo el ayre que pone en

accion ſus órganos, y éſta es la causa porque los Peces ſaltan tan freqüentemente fuera del agua para respirar con mas libertad, y porque en un Estanque helado se tiene cuidado de hacer agujeros en el hielo para que no perezcan los peces por falta de ayre.

VII.° Si es verdad que se hayan hallado en lo interior de algunos árboles ó peñas ciertos animales como culebras y ſapos que vivian allí sin que al parecer tuviesen comunicacion alguna con el ayre exterior, es verosímil que eſtos animales tuviesen una renovacion de ayre por algun camino que se ocultó á la viſta de los Observadores, ó que las ſuſtancias ſólidas ó líquidas de que se alimentaban en eſtas tenebrosas prisiones les proporcionasen conſtantemente una nueva masa de ayre que se renovaria sin cesar en ellos mediante la nutricion, como ſucede en ciertos peces que eſtan siempre en el fondo del agua y á los que el agua ſola ſupedita continuamente una nueva cantidad de ayre ſuficiente ſegun su organizacion, conſtitucion y naturaleza para que vivan.

VIII.° La *analogía de Organizacion* que hay entre el Reyno animal y el vegetal nos da ſuficientemente á conocer que el ayre debe ſer neceſario á la vida de los Vegetales como lo es á la de los Animales.

En efecto el ayre conserva la fluidez y movimiento de los jugos nutritivos en las Plantas, como lo hace en los Animales. La *substraccion del ayre* causa mas prontos y mayores eſtragos en el Cuerpo animal que tiene grandes canales y depósitos de ayre, que en el vegetal cuyos canales y depósitos de ayre ſon menores. Pero la accion del ayre es sin disputa absolutamente necesaria á la vida de los vegetales, y así se ve que las plantas se marchitan y perecen muy pronto en un sitio en que el ayre carezca de resorte, ó en que no se renueve con libertad.

648. Experiencia III. Póngase debaxo del Recipiente de una Máquina pneumática una *Vela encendida.* Eſta Vela da su llama ordinaria antes que se extraiga el ayre; pero á medida que se enrarece el ayre da una

llama mas débil y ménos brillante: y en fin se apaga quando se ha extraido casi todo el ayre.

La *Pólvora* puesta debaxo del mismo Recipiente y expuesta al foco de un espejo ustorio, despues de extraido el ayre se consume sin ruido ni resplandor, y se exâla en un humo denso en que apenas se percibe una débil llama azulada que se debe á una cortísima quantidad de ayre sumamente enrarecido que ha quedado debaxo del Recipiente.

El choque de un eslabon y una piedra de hacer lumbres no produce en el Vacío (624) chispas tan brillantes como á ayre abierto.

Si quando una *Luz encendida* de mucho tiempo en un pequeño espacio bien cerrado parece que va á apagarse, se abre la puerta de la linterna ó del sitio qualquiera en que está puesta, se la ve tomar una nueva vida y un nuevo resplandor á medida de que el ayre se renueva.

De todo esto resulta evidentemente que *el Ayre es necesario á la produccion y conservacion de la llama.* ¿Pero que analogía puede haber aqui entre la llama y el ayre? ¿Que influencia puede tener el elemento del ayre en el del fuego?

649. EXPLICACION. Sea la que quiera *la naturaleza del Fuego* es verosímil que la llama consista en un movimiento de vibracion constantemente impreso á las moléculas del cuerpo inflamable, las quales se disipen como un flúido muy sutil movido hácia todas partes.

Un *movimiento de Vibracion hácia todas partes* en las moléculas de un cuerpo que se consume exîge la reaccion de un Flúido circundante que por su fuerza expansiva conserve la explosion permanente de las moléculas entre las que se insinúa, se dilata y desplega con violencia á medida de que la combustion aumenta su volúmen y resorte. De aquí la necesidad del ayre para la produccion y conservacion de la llama.

I.° El ayre demasiado enrarecido debaxo del Recipiente de la Máquina pneumática no tiene bastante fuerza ni resorte para insinuarse con violencia entre las par-

tículas encendidas de la Vela ó de otro qualquier cuerpo combuſtible; para impeler con baſtante fuerza expansiva el Fuego de eſtas partículas encendidas haciéndolas que se introduzcan entre las que quedan por encender, ni para repercutir y acumular eſte fuego en el ſeno del cuerpo combuſtible en donde debe continuamente dividir ſus partes, deſunir su flogíſtico, dilatar el ayre unido y combinado con su ſuſtancia, haciendo que eſte ayre interior ſalga con violencia de ſus prisiones, y arroje en torrentes impetuosos las partículas divididas que se oponen á su expansion.

La Pólvora no hace en el Vacío una explosion pronta y ruidosa, no da una llama clara y resplandeciente, porque debilitado el ayre por la rarefaccion no tiene baſtante fuerza para ayudar lo ſuficiente á la accion del fuego exterior que enciende la pólvora.

Una *Luz* que arde eu un pequeño espacio bien cerrado exâla vapores que primero debilitan y despues destruyen el resorte del ayre circundante, privando así al ayre de la fuerza necesaria para imprimir á la ſuſtancia oleosa el movimiento de vibracion con que debe arrojar las partes encendidas, y para obligar al fuego á que se insinue entre las partes que quedan por encender.

II.° De qualquier modo que la accion del Ayre contribuya á la produccion y conservacion de la llama, ó ya ſea simplemente como causa, ó ya ſea como parte componente de ella; es cierto

En primer lugar que ningun *Cuerpo combustible* puede arder ni conſumirse sin el concurso del ayre, y que con quanta mas libertad y fuerza obra el ayre en los cuerpos encendidos mas rápidamente les hace arder.

En ſegundo que los Cuerpos combuſtibles como las maderas, pueden eſtar por mucho tiempo expueſtas á la accion del fuego mas violento en vasos cerrados *sin que ardan ni se consuman*; porque aunque penetradas de un fuego extraño, su propia ſuſtancia permanece inalterable mientras que el ayre exterior no se insinua con el fuego entre ſus partes integrantes.

III.° Efte último fenómeno que es conocido de todos los Chîmicos parece que convierte en demoftracion la explicacion que acabamos de dar de la combuftion de los cuerpos, para la qual fuponemos que el ayre circundante tiene una accion real ó inmediata, una accion expansiva y explosiva fobre las partes internas de los cuerpos que el fuego divide y confume.

Acafo tambien se podria inferir de efta última experiencia ó fenómeno que el ayre es como un *intermedio necesario* de los cuerpos combuftibles, sin el qual no hay afinidad real entre el fuego y eftos cuerpos; y por medio del qual se produce femejante afinidad en virtud de la que viene á fer el fuego para eftos cuerpos un Difolvente propiamente tal. (87, 101 y 110).

EL AYRE EN LOS CUERPOS: EL AYRE INTERPUESTO: EL AYRE FIXO Y COMBINADO.

650. OBSERVACION. El Ayre que rodea el Globo terreftre se halla tambien en mas ó menos quantidad en lo interior de los cuerpos; pero eftá en ellos en dos eftados muy diferentes que importa mucho no confundir.

I.° En ciertos cuerpos y ciertas circunftancias el *Ayre está simplemente alojado, esparcido é interpuesto entre sus partes integrantes,* pero sin adherir á ellas ni eftar con ellas combinado. En efte eftado eftá el ayre en los poros de una esponja ó de una tela.

Efte Ayre compresible y dilatable, flúido y eláftico no se diferencia del ayre natural ó del ayre que respiramos: no hace parte conftituyente del cuerpo en que eftá metido, pues le podemos muy bien feparar sin deftruir su naturaleza por medios puramente mecánicos, como comprimiendo el cuerpo que le contiene, ó enrareciendo el ayre que le rodea.

II.° En los mas de los Cuerpos, ademas del ayre natural metido y esparcido en fus poros *hay una quantidad muy grande de Ayre combinado con su sustancia de ayre privado de su fluidez y elasticidad, de ayre que no*

se puede separar de los cuerpos en que está de otro modo que descomponiéndolos y destruyendo su naturaleza.

A efte ayre así combinado con los cuerpos se le debe mirar como á uno de fus principios primitivos ó partes conftituyentes. (7 y 180).

Proposicion V.

651. *Los Cuerpos tanto sólidos como líquidos contienen en sus poros una pequeña quantidad de ayre puro y no combinado, y contienen tambien á lo ménos los mas de ellos una quantidad inmensa de ayre fixo y combinado con su sustancia.*

Demostracion I. Harémos ver y fentir la verdad de la primera parte de efta proposicion así en los Cuerpos fólidos como en los líquidos por la experiencia y la expeculacion, las que ambas á una la prueban claramente.

I.° Métafe en un Vafo lleno de agua un trozo de piedra ó de madera, y póngafe efte vafo debaxo del recipiente de una Máquina pneumática.

A medida de que el émbolo baxa y el ayre del Recipiente se enrarece, se ven falir por todas partes del feno de la piedra ó de la madera pompitas de ayre que llegan hafta la fuperficie del agua. Es fácil dar razon de efte fenómeno fupueftos los principios que hemos fentado.

Despues de que se ha extraido el ayre del Recipiente, el ayre encerrado en los poros de la piedra á la madera se dilata, y por su expansion fluye y se acumula á la extremidad de los poros de donde halla falida. Porque como el ayre es ménos pefado que el agua, éfta por su excefo de pefantez fuerza á las pompitas de ayre á fubir fobre su fuperficie.

Quando despues se dexa volver á entrar el ayre en el Recipiente la presion del ayre exterior fuerza al ayre contenido en los poros de la piedra ó madera á recobrar su densidad primitiva, y hace entrar en ellos un volúmen de agua igual al volúmen de ayre que ha-

bia falido (627). De modo que la piedra y madera se hallan mas mojadas habiendo eftado fujetas á efta operacion, que si hubieran eftado simplemente metidas en el agua á ayre libre.

II.° Pónganfe debaxo del recipiente de una Máquina pneumática varios vafos, y sin llenarlos enteramente échefe leche en el primero, cerveza en el fegundo, agua en el tercero, y espíritu de vino en el quarto, y extráigafe despues el ayre. Se verán fubir á la fuperficie de eftos licores pompitas de ayre falidas de su feno.

El agua tibia y el espíritu de vino parece que hierben, porque no hallando las pompas de ayre que se dilatan en su feno viscosidad alguna que vencer en eftos licores fuben rápidamente y como sin obftáculo á su fuperficie, lo que imita baftante al movimiento de herbor.

La leche y cerveza se hinchan, acumulan en bóveda, y se derraman fuera del vafo, porque hallándofe el ayre que se dilata en eftos líquidos detenido por su viscosidad, le es mas fácil elevarlos que dividirlos, y así les echa fuera del vaso antes que haya confeguido fepararlos y abrirfe pafo por entre fus moléculas viscofas y adherentes entre sí.

III.° Por un Juicio de analogía se puede concluir que los demas cuerpos fólidos y líquidos contienen en fus poros igualmente que éftos de que acabamos de hablar cierta quantidad de ayre natural, de ayre flúido y eláftico, de *Ayre no combinado* con fus fubftancias. L. Q. P. D.

652. DEMOSTRACION II. Réftanos hacer ver que los mas de los Cuerpos naturales contienen una quantidad baftante mayor de *Ayre combinado con su sustancia*, de ayre principio y parte conftituyente de los cuerpos. (*Fig.* 92).

Sea un Tubo largo de vidrio A N D C que tenga otro pequeño Tubo lateral con una llave por donde se le pueda extraer el ayre con la boca por B; se hace entrar primeramente por el orificio C en la bola A el cuerpo que se quiere difolver, se coloca despues el tubo fobre la fuperficie del agua, y se extrae el ayre por B has-

hasta que el agua suba y se sostenga en columna á una altura determinada D; y en fin despues de haber cerrado la llave en B reconcéntrense los rayos del Sol sobre el Cuerpo que se quiere disolver por medio de un Vidrio convexô V pegado á la bola A.

I.° A medida de que el Cuerpo A se disuelve por la accion del fuego solar, el agua es forzada á baxar de D hácia C por la reaccion del ayre A N D que va aumentando continuamente su volúmen y resorte hasta que se ha disuelto enteramente el cuerpo que se ha metido en la bola A.

II.° Despues de haberse enteramente disuelto el Cuerpo A se dexa enfriar el Tubo hasta que haya vuelto al mismo grado de temple que tenia antes de que la accion del fuego solar le calentase; y á medida de que el ayre interior se condensa por la disipacion del fuego se ve subir el agua otra vez de C hácia D, y dexar de subir fixándose en F quando el ayre interior ha recobrado su equilibrio con el exterior.

III.° Mídese despues la quantidad de agua que se contenia en el espacio D F de donde ha sido expelida, y por aqui se conoce el volúmen de ayre que ha salido del seno del cuerpo combustible A durante su disolucion.

Porque claro está que la *Columna de agua* no ha sido repelida de D á F por otra causa que porque el ayre interior se ha aumentado en volúmen en una quantidad suficiente para llenar este espacio D F. Ademas se ve bien claramente que esta quantidad de ayre nuevo no puede ménos de provenir del seno del cuerpo disuelto, pues si se hace la misma operacion sin poner cuerpo alguno combustible en la bola A, la columna de agua D C vuelve á subir despues de que se ha enfriado el Tubo al mismo punto D adonde se habia elevado antes.

Luego este cuerpo igualmente que otros muchos en que se produce el mismo efecto contienen una quantidad muy considerable de ayre fixo y combinado con su sustancia. L. Q. P. D.

653. Nota. Conociendo el volúmen D F del agua

echada de su lugar lo que es sumamente fácil, se conocerá de consiguiente el *Volúmen de ayre* que se contenia en el cuerpo que se ha disuelto en la bola A. Por este método ú otros semejantes se ha averiguado

I.° Que un pie cúbico de *sangre de Cerdo* contenia y daba 33 pulgadas cúbicas de ayre.

II.° Que una pulgada cúbica de *cuerno de Ciervo* daba 234 pulgadas cúbicas de ayre.

III.° Que un pie cúbico de *Encina* daba 256.

IV.° Que una pequeña quantidad de *Pólvora* daba un volúmen de ayre como 200 veces mayor que su volúmen.

V.° Que el azufre, el agua fuerte y algunos otros cuerpos léjos de dar ayre en su combustion absorvian parte del ayre contigüo, de modo que en vez de hacer baxar la columna de agua D C la hacian subir de D hácia N.

654. Corolario. *Resulta de estas Experiencias que el Ayre que respiramos debe ser diferente notablemente del Ayre combinado con los Cuerpos, á lo menos en quanto al modo de estar.*

Explicacion. El Ayre que respiramos es evidentemente flúido y elástico como tambien lo es el que está simplemente esparcido en los poros de los Cuerpos, é interpuesto entre sus partes integrantes, y que podemos separar de ellas por la operacion de la Máquina pneumática, por la Compresion, ó por otros medios puramente mecánicos.

Pero el ayre que está unido y combinado con las partes integrantes de los cuerpos y que no se puede separar de ellos á no ser que se los analize, descomponga y destruya su naturaleza, parece que no tiene fluidez ni elasticidad alguna, pues que la inmensa quantidad de ayre que se halla combinado con la encina no da señal alguna de fluidez en las partes divididas y molidas de esta sustancia en que se muestra siempre fixo y sólido hasta el tiempo de la disolucion; y porque si la inmensa quantidad de ayre que se halla combinado con la sangre de los animales tuviera su elasticidad na-

tural, deberia respecto de su condensacion ſuma arrojar y disipar con un ímpetu violento las partículas líquidas entre quienes eſtá interpueſto.

Eſte eſtado ó eſte modo de eſtar del ayre en los Cuerpos de que hace parte conſtituyente ha atormentado siempre mucho á los Físicos que han querido dar razon de la diferiencia que se halla entre el Ayre que respiramos, y el *Ayre combinado* con los cuerpos: se han imaginado ſobre eſte objeto varios siſtemas que no han producido conocimiento alguno claro acerca de él, y que de consiguiente ſeria inútil referir. Sea lo que quiera del motivo de la diversidad de eſtos dos eſtados, es cierto

I.° Que el *Ayre combinado* con las varias ſuſtancias que componen los cuerpos ſólidos y líquidos como el aceyte y la madera, no tiene en eſte eſtado de combinacion su fluidez y elaſticidad ordinarias como lo acabamos de hacer ver.

II.° Que éſta falta de fluidez y elaſticidad cesa á medida de que el cuerpo se descompone por la combustion ó disolucion: lo que parece que indica que el Ayre en su eſtado de combinacion conſerva siempre el principio que le hace flúido y eláſtico, y que éſte principio aprisionado y ſuspendido durante eſte eſtado por una fuerza ſuperior recobra su accion en el inſtante en que se le quita eſte obſtáculo.

III.° Que eſte Ayre combinado que parece fixo y ſólido en la encina, el cuerno de ciervo y otros muchos cuerpos puede abſolutamente conſervar su naturaleza primitiva en eſte eſtado de combinacion: al modo que el agua no muda realmente de naturaleza aunque se transforme en hielo y vapores que ſon dos eſtados en que no parece la misma.

IV.° Que no se debe tener por ſuſtancia puramente aerea todo el *Volúmen de materia flúida* que se extrae del ſeno de un Cuerpo que se ha quemado y descompueſto (653), sino antes bien por una mezcla de ayre y de otras ſuſtancias heterogéneas atenuadas y hechas

flúidas por el fuego, en la qual mezcla la parte predominante es no obftante una verdadera fuftancia aerea, fuelta de las prisiones en que eftaba encerrada y como encadenada en el cuerpo que se ha defcompuefto.

V.° Que se hacen continuamente en la Naturaleza *nuevas Combinaciones.* La tierra y el agua se convierten en fuftancias animales, vegetales y minerales, y éftas fuftancias vuelven á fer tierra y agua por su difolucion. El ayre por unas metamórfosis femejantes se transforma en varios cuerpos haciéndose parte conftituyente de ellos, como fucede tambien con la tierra, el agua y el fuego.

De aquí la mayor ó menor quantidad de ayre que se extrae del feno de los Cuerpos con los que eftá combinado, á causa de que su afinidad con las fuftancias que los conftituyen liga fus moléculas, detiene su reforte, disminuye inmenfamente su volumen, y le mantiene en efte eftado hafta que deftruyendo el Compuefto la accion del fuego ó de algun difolvente, defata fus lazos, le arranca á fus afinidades, le vuelve á poner en libertad, y le hace recobrar la simple accion de su naturaleza.

Por efto se echa de ver que en la Primavera y el Eftío en que la Naturaleza forma una infinidad de *nuevos Mixtos,* su produccion debe abforver una quantidad inmensa de ayre, y que por el contrario en el Otoño y en el Invierno en que los mas de eftos mixtos se defcomponen por la putrefaccion debe falir de su feno un volúmen inmenso de ayre que hinche la masa de ayre que cubre la tierra.

Se echa ademas de ver que los *varios Alimentos* que se defcomponen en el eftómago é inteftinos deben producir un volúmen considerable de ayre en eftas vísceras. Una parte de efte ayre se combina con el chîlo, la fangre, los humores, la carne y con todas las partes animales; otra sirve para expeler mediante su resorte la porcion mas grofera de los alimentos, y á veces se emplea en moleftar de varios modos á la *Persona* en quien la descomposicion y recomposicion de las fuftan-

cias nutritivas no ſon simultáneas, ó no se hacen del modo debido.

EL AGUA EN VAPOR.

655. EXPERIENCIA. Sea un Globo grande de vidrio hueco D que remate en un pequeño tubo D E abierto únicamente en E (*Fig.* 73).

Despues de haber medido la capacidad D E éche-se en D *una quantidad de agua* catorce mil veces menor que la que ſeria neceſaria para llenar todo el vaso D E. Póngase despues ſobre braſas el Globo D dándole lentamente vueltas, y teniendo su mango D E en una situacion horizontal haſta que la pequeña quantidad de agua reducida á vapores se extienda y esparza por toda la capacidad D E. Y entónces póngase el orificio E ſobre el baño lleno de agua M N, de modo que el tubo D E quede perpendicular á la ſuperficie del agua.

EFECTOS. El Agua del baño ſubirá por el Tubo E D y llenará toda la capacidad así del tubo como del globo sin que quede en uno ni en otro vacío alguno. De lo que reſultan las Verdades siguientes:

I.° Reſulta en primer lugar que el *Agua reduciéndose á vapor expele el ayre y ocupa el lugar que ha dexado*; pues que no queda ayre alguno en el vaso en que éſta agua se ha convertido en vapor.

II.° Reſulta ademas que el *Agua convertida en vapor adquiere un volúmen catorce mil veces mayor que el que tenia en su estado natural*; pues que eſta pequeña quantidad de agua que no ocupaba en su eſtado natural mas que la quatuordécima milésima parte de la capacidad D E, convertida en vapor la ocupa toda entera, como lo acredita el que expele al ayre; lo que no puede hacer sino ocupando su lugar y resiſtiendo eficazmente á su presion continua.

III.° Reſulta en fin que *en dexando el Agua su estado de vapor, recobra su densidad natural*; porque en el inſtante en que el frio del baño M N se comunica al vaso de vidrio y al agua convertida en vapor, éſta agua inmen-

ſamente dilatada se condensa, recobra su primer eſtado, y se reduce á un volúmen catorce mil veces menor. De lo que reſulta que se forme un Vacío en el vaso E D, y que la presion del ayre exterior haga entrar en él un volúmen de agua igual al volúmen de ayre que habia expelido el agua dilatada (627).

Aora bien el *Volúmen de agua* que entra en el vaso E D llena toda su capacidad; luego todo el volúmen de ayre que eſtaba antes en eſte vaso ha sido expelido por el agua reducida á vapor.

Puede ſer acaso que el agua se *enrarezca* mas ó ménos *reduciéndose á vapores*, y que un grado mayor de calor produzca una dilatacion mayor en los Vapores que ocasiona. De aquí acaso la mayor ó menor elevacion de las Nubes que se forman de ellos. Pero es cierto que éſta rarefaccion es siempre muy grande, y que no diſta mucho del grado que acabamos de determinar.

ASCENSO DE LOS VAPORES Y EXALACIONES EN LA ATMÓSFERA.

656. OBSERVACION. El ascenso de los *Vapores y Exâlaciones* en la masa del Ayre ó en la Atmósfera terreſtre es un hecho cierto y conocido de todo el mundo. ¿Pero qual es la causa? ¿Qual es el mecanismo físico en virtud del que se produce eſte fenómeno? Eſto es lo que no es fácil explicar de un modo claro y baſtante ſatisfactorio.

I.° Parece que el *Calor* es una de las principales cauſas del ascenso de los vapores y exâlaciones en la Atmósfera, pero no es la única porque la exâltacion de los vapores y exâlaciones no es proporcional al calor; pues freqüentemente haciendo un frio muy intenso la nieve se deshace y el hielo se diſminuye elevándose uno y otro en vapores.

II.° Es cierto que la *accion del Ayre* contribuye mucho á la exâltacion de los vapores y exâlaciones. ¿Pero como y de que modo se obra eſte fenómeno? Comun-

mente responden que los vapores y exâlaciones ſon exâltados por la presion del ayre que viene á ſer específicamente mas peſado que eſtos corpúsculos inmenſamente divididos ó dilatados por el Calor.

Pero eſta razon no es ſuficiente porque para que un volúmen por exemplo de agua se haga específicamente mas leve que igual volúmen de ayre, es neceſario que se dilate tanto que su volúmen llegue á ſer á lo ménos ochocientas veces mayor que antes, para lo que se necesita un calor incomparablemente mayor que el que hace quando noſotros vemos que los vapores se elevan en la mayor abundancia.

III.° ¿No se podria preſumir una Afinidad ó *Atraccion especial* entre el ayre y los corpúsculos que eleva baſtante ſemejante á la que tiene el agua con las ſales que divide y con las que se combina? (105).

En eſta hipótesis tan natural se daria razon del ascenso de los vapores y exâlaciones mediante la accion del Calor y del Ayre que en ella concurririan juntos ó ſeparados á producir eſte gran fenómeno causa cierta é indudable de todos los Metéoros.

Primeramente la *accion del Calor* dilatando los cuerpos y disminuyendo la adherencia de ſus partes facilitaria la ſeparacion de una infinidad de corpúsculos que eſtarian de consiguiente como próxîmamente dispueſtos á ſer atraidos por el ayre.

Despues la *accion del Ayre* atraeria eſtos corpúsculos con otra tanta mas ó ménos fuerza quanto su afinidad eſtuvieſe mas ó ménos ſaturada, quanto su masa fuese mas ó ménos denſa, y quanto su influencia se repitieſe y renovaſe mas ó ménos eficazmente ſobre un mismo objeto como ſobre un mismo depósito de agua quando ſopla el viento.

IV.° No se ſeguiria de eſto que los Vapores y Exâlaciones debieſen elevarſe á la mayor altura de la Atmósfera, al modo que los corpúsculos ſalinos se elevan del fondo de un vaſo haſta la ſuperficie del agua.

Porque como el ayre va descreciendo siempre en

densidad á medida que se alexa de la tierra, puede ser muy bien que á la altura de mil ó dos mil toesas no tenga ya bastante *Accion atractiva* para elevar mas arriba estos corpúsculos cuya gravedad siempre constante con corta diferiencia lucha continuamente contra la fuerza atractiva siempre mas y mas descreciente.

En efecto se observa que esta masa que llamamos vapores y exâlaciones no sube á una altura muy grande en la region del ayre, y que la elevacion perpendicular de las *Nubes* sobre la tierra apenas es de mas que de algunos centenares de toesas.

Objeciones y Respuestas.

657. Objecion I. Si el Ayre fuera un cuerpo realmente pesado por sí mismo, su pesantez deberia hacer trozos al Recipiente ó campana de vidrio de la Maquina pneumática; porque supongamos que la base de ésta campana es igual á un pie quadrado. Como la presion de una columna de ayre es igual á la presion de una columna semejante de agua de unos 32 pies de alta, es consiguiente que éste Recipiente ó campana sostiene un peso igual al de 32 pies cúbicos de agua ó un peso de 2240 libras, el qual seguramente es mas que suficiente para vencer la adherencia que tienen las partes del vidrio entre sí.

Respuesta. La pesantez del ayre es un hecho tan comprobado é indudable como la pesantez del agua, del mármol y de todos los demas cuerpos terrestres. (618) Lo único que hay que hacer es tranquilizar la Imaginacion en punto á ciertos fenómenos que sorprendiéndola la hacen á veces resistirse á una Verdad que no se considera baxo del aspecto que se debe. (*Fig.* 86.)

I.° La *Campana de vidrio* está hecha en forma de una bóveda sobre la que carga el flúido circundante igualmente en todos los puntos exteriores, y el efecto de esta presion léjos de destruir una bóveda la consolida. Como la superficie interior de una campana es menor que

que su ſuperficie exterior se deben mirar todas las dovelas que la componen como otras tantas Cuñas cuyo corte eſtá á la parte de adentro, y cuya base ó cabeza eſtá á la parte de afuera, y ya se echa de ver que un compueſto de cuñas no puede ceder á una presion uniforme ſobre todos los puntos, á no ſer que compenetrándoſe las partes de la baſe ásta se hicieſe igual al corte, lo que repugna naturalmente.

Por otra parte eſta campana no ſeria rota por la presion gravitante de una columna de agua de quarenta ó cinquenta pies de altura; ¿porque pues lo ha de ſer por la presion de una columna de ayre de igual ó menor peſantez?

II.° No es difícil demoſtrar que la Campana de vidrio debe á su figura casi esférica ó cilíndrica la fuerza que tiene para resiſtir á la presion del ayre quando se hace el vacío. Porque si se pone ſobre la platina un Recipiente de vidrio plano por alguna de ſus ſuperficies, así que se extrae el ayre interior, éſte recipiente á no ſer que ſea muy grueſo cede á la presion del ayre, se rompe con violencia y hace trozos.

La razon es porque la presion que hace el ayre hácia todas partes no halla la misma resiſtencia en una ſuperficie plana cuyos trozos perpendiculares pueden tirar á moverſe sin tirar á penetrarſe, que en una esférica ó cilíndrica cuyas dovelas no se pueden mover hácia abaxo sin que ſus cabezas se penetren.

658. OBJECION II. Si el Ayre tuviera realmente la presion y peſantez que le atribuimos, el peſo de la *Columna de ayre* que gravita continuamente ſobre noſotros deberia abrumarnos; y la presion de las Columnas de ayre que nos rodean por todas partes deberia quitarnos la libertad de andar, hacernos incapaces de inspirar y respirar y cauſarnos el mismo ſentimiento que experimentamos quando algunas fuerzas opueſtas comprimen las varias partes de nueſtro cuerpo. Todo lo qual es contrario á la experiencia.

RESPUESTA. La peſantez y presion del Ayre no de-

ben producir en nofotros ninguno de los efectos perjudiciales que se objetan. Lo demoftrarémos de cada uno de por sí.

I.° El Ayre no debe *abrumarnos con su peso.* Para hacer mas fensible efta verdad fupongamos que la Columna de ayre que gravita fobre nueftras cabezas y hombros tenga un pie de larga fobre medio de ancha. Efta columna igual en pefantez á otra femejante de agua de treinta y dos pies de alta pefará 1120 libras. Aora pues un pefo como éfte no debe abrumarnos ni aun fatigarnos en manera alguna.

Eftando nofotros colocados en el ayre como lo eftá el pez en el agua, así como á éfte no le abruma ni fatiga el pefo de su elemento, así tampoco el pefo de nueftro flúido debe abrumarnos ni fatigarnos á nofotros. La accion de la columna fuperior es deftruida por la reaccion igual y opuefta de la inferior. Si la columna de ayre que gravita fobre nueftra cabeza y espaldas nos impele de arriba abaxo hácia el centro de la tierra, la columna de ayre que exerce su reaccion de abaxo arriba contra nueftros pies y piernas tira á fubirnos hácia el Zenit con otra tanta fuerza como la que tiene la columna anterior; y eftas dos fuerzas iguales y opueftas se deftruyen. Impelidos pues hácia el centro de la tierra con una fuerza igual á 1120 libras, y repelidos hácia el Zenit con otra igual tambien á 1120 libras quedamos entregados á nueftro propio pefo, el que eftamos en eftado de foftener con facilidad mediante la accion de nueftros músculos y nervios.

Léjos de que nos hagamos mas pefados por eftar metidos en el Ayre que gravita fobre nosotros, nos hacemos por efto efectivamente un poco mas ligeros; porque como fegun las Leyes de la Hidroftática los Sólidos metidos en los líquidos pierden una parte de su pefo igual al pefo del Líquido que echan de su lugar (583), metidos nofotros en el ayre perderémos una quantidad de nueftro pefo igual al pefo del Ayre cuyo sitio ocupa nueftro cuerpo. De modo que si nueftro cuerpo con-

tiene tres pies cúbicos de materia echa de su lugar tres pies cúbicos de ayre ; y de consiguiente pierde de su peso otro tanto como pesan tres pies cúbicos de ayre : esto es un poco mas de quatro onzas (660).

II.° El Ayre no debe tampoco *impedirnos el que nos movamos* en todas direcciones ; porque como la presion del ayre se exerce tambien en todas direcciones , quanto las columnas de ayre que nos impelen por delante se oponen á que caminemos , otro tanto nos lo facilitan las columnas que nos impelen por detras , y lo mismo se puede decir de los demas movimientos. Quedamos pues nosotros en medio del Ayre que nos rodea por todas partes entregados á la simple accion de nuestros músculos , nervios y fibras.

III.° El Ayre no debe *comprimirnos de un modo perjudicial* ; porque el Ayre interior que se renueva sin cesar en nuestros pulmones , que habita en nuestro estómago , intestinos y en todos los poros de nuestro cuerpo , y que circula en nuestra sangre y humores hace equilibrio por su reaccion con la presion del ayre exterior (651).

Lejos de que estas *dos Presiones opuestas* perjudiquen á la armonía de nuestra máquina animal , contribuyen por el contrario á conservarla , perfeccionarla y consolidarla. Dan mayor consistencia á las partes que la constituyen aplicandolas mas íntimamente unas á otras , unen y aprietan los canales de la sangre y humores en que estos Líquidos se mueven segun la Ley de todos los Líquidos con otra tanta mas velocidad quanto mas estrechos son sus conductos. La experiencia nos enseña que estamos mas alegres , mas vivos y mas activos quando el ayre que respiramos es mas elástico y tiene mas presion ; luego esta presion del ayre léjos de sernos perjudicial nos es por el contrario muy útil.

IV.° El Ayre no debe *excitar en nosotros un sentimiento relativo á su presion habitual* ; porque segun las Leyes establecidas por el Autor de nuestra naturaleza, para que tengamos qualquier sentimiento relativo á un

objeto es necesario que se haga en alguno de nuestros órganos una alteracion, una mutacion nueva. ¿Que admiracion pues nos debe causar el que no sintamos la presion del ayre á la que estamos acostumbrados desde nuestro nacimiento y que siendo constante y uniforme obra siempre sobre nosotros de un mismo modo sin ocasionar modificacion alguna nueva en nuestros órganos?

Quando una fuerza por pequeña que sea afecta alguno de nuestros órganos de un modo nuevo, por exemplo quando se toca ligeramente á nuestra mano con los *pelos de una pluma*, experimentamos un sentimiento relativo á esta leve presion porque con ella se causa en las fibras de nuestra mano un temblor á que no estamos acostumbrados, que hace nacer en nuestra alma un sentimiento espiritual relativo á la causa de esta conmocion orgánica.

Quando el Ayre comprime nuestra mano en todas direcciones con una fuerza incomparablemente mayor que la de la pluma de que acabamos de hablar, no tenemos sentimiento alguno relativo á esta presion del ayre; porque esta presion que experimentamos habitualmente desde que exîstimos, y que es siempre equivalentemente de una misma fuerza y naturaleza no da á nuestra mano ninguna nueva afeccion, ningun nuevo modo de ser por el que nuestra alma pueda ser afectada.

Antes bien si esta *Presion habitual del Ayre* cesase por un solo instante, nuestra alma tendria un sentimiento relativo á la falta de esta presion: porque en este caso los órganos de nuestra mano tomarian un nuevo modo de ser que ocasionaria en nuestra alma una sensacion interior relativa á la sensacion órg nica de nuestra mano (*Met.* 324 y 329.).

659. Objecion III. Si la presion del Ayre fuera la que sostuviese en el Barómetro la *Columna de mercurio*, ésta columna deberia tener mas elevacion quando el ayre estuviese mas pesado, y ménos quando estuviese mas ligero; lo que es contrario á lo que nos enseña la experiencia. Porque quando en un tiempo nebuloso ó llu-

vioſo el ayre eſtá muy cargado de vapores que neceſariamente aumentan ſu peſo, la columna de mercurio baxa, y al contrario quando despues de haber llovido el ayre puro y ſereno ha perdido con ſus vapores una parte notable de ſu peſo, la columna de mercurio vuelve á ſubir. Luego la ſuspension del mercurio en el Barómetro no concuerda con las variaciones de peſantez del ayre. Luego la ſuspension del mercurio en el Barómetro no proviene de la peſantez del ayre. Luego ni de la reaccion del ayre que es siempre proporcional á ſu peſantez. (*Fig.* 86.)

RESPUESTA. Eſtá rigoroſamente demoſtrado por la experiencia que la ſuspension de la columna de mercurio en el Barómetro proviene de la presion del ayre, pues que la altura del mercurio se aumenta ó disminuye á proporcion de que se aumenta ó disminuye la densidad del ayre que le resiſte (633). Y asi todas quantas dificultades se podrian imaginar contra eſta *Verdad demostrada* no pueden menos de ſer frívolas é infundadas. Sin embargo harémos ver que no es imposible conciliar las variaciones del Barómetro con las del Ayre que hace equilibrio con la Columna de mercurio ya mas, ya ménos elevada D A, D B, D C.

I.° ¿Eſtá acaſo demoſtrado que quando en un tiempo de niebla ó lluvia el ayre eſtá considerablemente cargado de Vapores y Exâlaciones gravitantes las *Columnas de ayre* ſean realmente mas peſadas? No por cierto. Porque entrando en la Atmósfera eſtos vapores y exâlaciones aunque peſados por ſu naturaleza echan de ſu lugar un volúmen de ayre igual á ſu volúmen (655). Y asi las columnas de ayre que gravitan contra la columna de mercurio pierden en maſa de ayre otro tanto como adquieren en maſa de agua y de otras ſuſtancias heterogéneas.

II.° En vano se objetaria que eſtos Vapores y Exâlaciones gravitantes hinchando la maſa de ayre en que se insinuan dan mas elevacion á las columnas de ayre, y las dexan toda ſu peſantez intrínſeca con el aumento

de la p.sfantez de eftas fuftancias heterogéneas. Efta feria una objecion infundada, porque las *Columnas de ayre* hinchadas por los vapores y exâlaciones que fegun las Leyes del equilibrio hidroftático se ponen en equilibrio con fus diferentes capas á una altura mas ó ménos considerable (591), en vez de elevarfe y acumularfe en forma de montaña fobre la region que produce las exâlaciones y vapores deben vaciarfe digámoslo así, ó fluir fobre las columnas de ayre de los paifes vecinos poniéndofe de efte modo á nivel con ellas.

Por exemplo: las Columnas de ayre que hinchan y dilatan los vapores en un tiempo de nieblas en el Franco-condado deben fluir y piecipitarfe fobre las columnas que tienen menos altura en la Alfacia ó en otro pais cercano en que el Ayre efté en efte mismo tiempo muy feco y muy puro. De aquí una altura mayor de la columna de mercurio en la Alfacia, porque allí hace equilibrio el mercurio en eftas circunftancias con unas columnas de ayre que tienen mas altura, mas pefantez y mas reforte que antes.

III.° En la misma circunftancia de un tiempo lluviofo la *Columna de mercurio* debe tener menoi altura en el Franco-condado, porque no tiene fensiblemente mas pefantez y tiene fensiblemente menos reforte que en un tiempo puro y fereno.

La razon es porque los vapores y exâlaciones que eftan mezclados con el ayre tienen la misma pefantez, y no el *mismo resorte* que el ayre que echan fuera. La columna de ayre que eftá apoyada fobre la fuperficie del mercurio imprime por su pefo á las moléculas que tocan al mercurio un reforte proporcional á la densidad del ayre que la forma. Y como efte ayre que exercé su reaccion fobre el mercurio eftá mezclado con vapores y exálaciones que no tienen la misma elafticidad que fus moléculas debe perder una quantidad de su reforte proporcional á la quantidad de moléculas aereas que han echado fuera las fuftancias eftrañas (655).

De aquí menor reaccion en las moléculas aereas

que luchan por su reſorte contra la columna de mercurio, y de aquí menor altura en eſta columna de mercurio que debe elevarſe otro tanto ménos quanto es mas débil la accion de la fuerza que la hace ſubir.

IV.° Es cierto que los vientos, las borraſcas, el frio y el calor deben producir grandes variaciones en las *Columnas de ayre* que condenſan y dilatan, que hacen ſubir y baxar alternativamente en fuerza de su conflicto. De aquí infinitas variaciones en la causa de la ſuspension del mercurio en el Barómetro, aunque éſta causa ſea siempre de la miſma naturaleza, á ſaber el peſo y reſorte del ayre.

En un tiempo de borraſca puede abſolutamente el Barómetro eſtar muy elevado, porque pueden muy bien los vientos opueſtos acumular un gran volúmen de ayre muy denso y muy eláſtico ſobre el parage en que se halla colocado eſte inſtrumento. Y en otro tiempo tambien de borraſca el Barómetro podrá eſtar muy baxo, ſea porque el ayre eſté menos puro, ſea porque ſoplando los Vientos de abaxo arriba deſtruirán en parte la presion de las columnas de ayre.

Resolucion de varios Problemas.

660. Problema I. *Hallar la relacion de Pesantez entre el Ayre y el Agua* (Fig. 80).

Solucion. I.° Deſpues de haber pueſto en equilibrio ſobre una Balanza exácta un Globo grande de vidrio A C B D lleno de ayre de una parte, y un peſo igual de otra (618), ſáquese el ayre de eſte globo y vuélvaſele á poner en el miſmo platillo.

Eſte Globo hueco privado del ayre que contenia en su capacidad baſtante grande no hará ya equilibrio con el peſo opueſto. El peſo que ſerá neceſario añadir á eſte globo para reſtablecer el equilibrio ſerá el *Peso del ayre* que se ha extraido por medio de la Máquina pneumática.

II.° Métase el Orificio A de eſte globo vacío de ayre en agua perfectamente purgada de ayre, y ábrase la

llave A. La presion del ayre exterior hará entrar en el globo por el tubo perpendicular A B un volúmen de agua exâctamente igual al del ayre que se habia extraido (627).

Vuélvase á poner eſte globo en el platillo en que eſtaba, y échese en el platillo opueſto el peſo neceſario para reſtablecer el equilibrio. Eſte peſo que ſerá neceſario poner en el platillo opueſto ſerá *el Peso de un volúmen de agua igual al volúmen de ayre* cuyo peso eſtá ya averiguado y conocido.

III.° Compárense entre sí los *dos Pesos hallados*, á ſaber el peſo del volúmen de ayre extraido, y el peso del volúmen de agua que se ha ſuſtituido en su lugar. Su relacion ſerá la relacion de peſantez entre el ayre y el agua.

Mediante experiencias ſemejantes á éſta, es como se ha hallado que la peſantez específica del ayre es á la peſantez específica del agua como 1 á 800 con muy corta diferencia, y que *un pie cúbico de Ayre* peſa una onza y dos quintos.

Como éſtas Experiencias aunque baſtante simples en la apariencia, ſumamente delicadas en la práctica exîgen mucho cuidado y atencion de parte del que las hace, y como por otra parte el Ayre y el Agua padecen grandes variaciones en su naturaleza, ſea á cauſa de ſus diferentes grados de condenſacion y dilatacion, ſea á causa de la mayor ó menor quantidad de corpúſculos heterogéneos con que eſtan mezclados, nadie debe extrañar las notables diferiencias que hay en los Reſultados de las varias experiencias que se han hecho en eſte punto en tiempos y lugares diferentes. Atendiendo á eſto hemos tomado entre las diferentes relaciones halladas una *Relacion media* entre las mayores y las menores, que es como hemos dicho la de 1 á 800.

661. PROBLEMA II. *Hallar sobre poco mas ó ménos el Peso de toda la Atmósfera ó de toda la masa de Ayre que rodea el Globo terrestre.*

SOLUCION. Suponiendo que conocemos á punto fixo la

la extension de la ſuperficie de la tierra que eſta ſuperficie mirada en su generalidad echando lo mas por lo menos tiene equivalentemente la misma elevacion por todas partes ſobre el nivel del mar que en Paris, y que las Columnas de ayre mas peſadas á par ó al nivel del mar y menos ſobre eſte nivel, tienen por *Pesantez media* la que se obſerva en ellas en Paris, y en fuerza de la que ſoſtienen el agua en el Vacío á unos treinta y dos pies de altura, se puede reſolver eſte Problema de pura curiosidad aunque no con una exáctitud matemática, del modo siguiente:

I.° Una *Columna de ayre* hace equilibrio con otra de agua de la misma baſe y de treinta y dos pies de altura. Luego conocido el peſo de una columna de agua de treinta y dos pies de altura eſtá conocido el peſo de una columna igual de ayre (629).

II.° Sea una *Columna de agua* de un pie quadrado de baſe y treinta y dos pies de altura. Tendrá treinta y dos pies cúbicos de agua, y peſando el pie cúbico de agua ſetenta libras, treinta y dos pies cúbicos peſarán 2240 libras; y así cada columna de ayre apoyada ſobre cada pie quadrado de la ſuperficie de la tierra peſará 2240 libras.

III.° Hay en la Atmósfera terreſtre otras tantas Columnas de 2240 libras cada una como pies quadrados tiene la Superficie ſólida ó líquida del Globo terreſtre, que ſon unos 4, 838, 052, 829, 484, 160 pies quadrados (496).

Luego en multiplicando eſte último número por 2240 tendrémos el peſo de toda la maſa de ayre que rodea nueſtro globo que ſerá de unos 10, 837, 238, 338, 042, 518, 400 libras.

Si hay en la Naturaleza *un Ayre mas sutil* que el que eſtá ſometido á nueſtras obſervaciones, que el que condenſamos y enrarecemos como y quando queremos, éſte ayre ó no gravita ſensiblemente, ó su gravitacion se confunde con la del ayre mas groſero.

662. Nota. Aunque el Barómetro ſea poco útil para anunciarnos de ante mano las mudanzas del tiempo, (637) es muy propio y acaſo el mas propio de todos los ins-

trumentos para medir la *Altura de las Montañas y Continentes* sobre la superficie de los Mares correspondientes, ó de los mares situados debaxo de la misma Latitud (495 y 571).

Todos saben que siendo todo lo demas igual, la *Columna de mercurio* se hace otro tanto mas corta en el Barómetro quanto mayor es la altura á que éste está colocado sobre el nivel del mar. Por exemplo si hay en una sala dos Barómetros cuyas columnas de mercurio sean perfectamente iguales en altura, y se lleva el uno de ellos á lo alto de una torre ó de una peña de unas once ó doce toesas de altura perpendicular, se verá que la columna de mercurio tiene una línea ménos de altura en el Barómetro colocado en la torre ó peña que en el que quedó en la Sala. (*)

Pero quanto sea á punto fixo lo que debe elevarse el Barómetro sobre una altura dada para que la columna de mercurio baxe succesivamente *una línea*, no está todavia suficientemente averiguado; pues las observaciones que se han hecho sobre éste punto en varios tiempos y lugares no concuerdan exâctamente entre sí.

II.° Consta por las observaciones mas modernas y mas exâctas que desde el nivel del Mar hasta mil ó mil y doscientas toesas de altura perpendicular sobre él se pueden contar *por cada línea de descenso en la columna de mercurio* unas diez toesas poco mas ó menos de elevacion. Añadiendo ademas un pie á la primera decena de toesas, dos á la segunda, tres á la tercera, quatro á la quarta, y así progresivamente.

663. PROBLEMA III. *Medir por medio del Barómetro la altura perpendicular de una Montaña, ó su elevacion sobre el nivel del mar.* (Fig. 88).

(*) NOTA. El *Pavimento de la Sala* del Observatorio Real de Paris está elevado 45 toesas, 3 pies y 5 pulgadas sobre el nivel del mar en Brest; y como 24 toesas y media sobre el nivel del Sena en su altura media debaxo del Puente Real.

En esta Sala la *Columna de mercurio* tiene 4 líneas y un dozavo ménos de altura que la Columna correspondiente en Brest.

Solucion. I.° Sean dos Barómetros perfectamente correspondientes, y déxese uno á la orilla y al nivel del mar con un Observador atento; llévese el otro sobre la cima de la Montaña cuya altura se quiere averiguar. A causa de la diferente altura de las Columnas de ayre que gravitan sobre estos dos barómetros, sus dos *Columnas de mercurio* tendrán una altura perpendicular desigual, la que cuidarán de medir con la mayor exâctitud posible los dos Observadores, contando con las variaciones que la mutacion de la Atmósfera puede á veces causar en los Barómetros de una hora á otra.

II.° Supongamos que la *diferiencia de altura* en las dos Columnas de mercurio haya sido invariablemente de 15 líneas. Por el último resultado de la observacion precedente la diferiencia de altura entre las dos Estaciones en que estaban colocados los dos Barómetros será de 150 toesas + 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11 + 12 + 13 + 14 + 15 pies que hacen 120 pies ó 20 toesas. Y así la estacion superior tendrá 170 toesas poco mas ó menos de altura perpendicular sobre la estacion inferior que es al nivel del mar.

Digo *poco mas ó menos*, porque este modo de medir no da jamas una exâctitud perfecta, ya sea porque es muy difícil medir sin yerro alguno aunque leve la altura fixa de las Columnas de mercurio; ya sea porque la Regla en que se funda ésta especie de medida puede absolutamente no quadrar con entera exâctitud con todos los temples y variaciones de la Atmósfera.

III.° Si la Estacion en que está colocado el Barómetro inferior está considerablemente elevada sobre el nivel del Mar, es necesario conocer á lo menos con corta diferencia quanto es este exceso de elevacion antes de determinar la diferiencia de altura perpendicular que hay entre las Estaciones de los dos Barómetros; porque el *número de pies* que se deben añadir á las decenas de toesas por cada línea de descenso en el mercurio del Barómetro superior depende de la altura que tiene ya sobre el nivel del mar el Barómetro inferior.

P r exemplo fupongamos que el *Barómetro inferior* en vez de eftar colocado al nivél del mar lo efte fea mas cerca, fea mas léjos del mar á 50 toefas de altura perpendicular fobre su nivel. El número de pies que en efte cafo se deberán añadir á las 15 líneas de descenfo en vez de empezar por el número 1 que corresponde á la primera decena de toefas fobre el nivel del mar, debe empezar por el número 6 que corresponde á la fexta decena.

Así pues el número de pies que en efte cafo se debe añadir para las 15 líneas de descenfo en la columna del Barómetro fuperior ferá 6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11 + 12 + 13 + 14 + 15 + 16 + 17 + 18 + 19 + 20, lo que hace 195 pies en vez de 120. Segun lo qual *la diferiencia de altura* entre las dos eftaciones en vez de fer de 170 toefas ferá de 182 y medio.

IV.° Si la Montaña cuya altura se quiere averiguar por medio del Barómetro tiene una *Elevacion excesiva*, por exemplo una elevacion perpendicular de tres ó quatro mil toefas fobre el nivel del Mar situado á la misma latitud, es verosímil que la altura que se hallare siguiendo la progresion asignada ferá un poco menor que la que efectivamente tenga la montaña (665).

En efte cafo para averiguar con mas exâctitud la altura perpendicular de efta montaña, ferá necefario juntar á las medidas del Barómetro las medidas geométricas, y corregir ó rectificar lo mas que fea posible unas por otras. (*Math.* 425).

V.° Quando las Montañas cuya *altura perpendicular* fobre el nivel del mar se quiere averiguar no eftan elevadas fobre él mas que 1000 ó 1200 toefas, el mejor método para averiguar la altura es el que acabamos de exponer. Los Geómetras modernos le prefieren á fus métodos geométricos á caufa de que siendo ya mas ya menos denfos los vapores y exâlaciones que cubren éftas montañas cerca del horizonte, refractan ya mas ya menos la Luz haciendo variar con mucha desigualdad la direccion del Rayo vifual, y dan de un dia á otro en

un mismo lugar ángulos ſensiblemente diferentes (762).

Eſta *desigualdad de Refraccion* se disminuye al paſo que las Montañas tienen una altura considerablemente mayor, porque los vapores y exálaciones mas denſos no se elevan, ó se elevan en mucha menor quantidad hasta ſus cimas, y por otra parte éſtas cimas se pueden percibir por rayos viſuales que se acerquen mas al Zenit en que la Refraccion es nula. Así quando las Montañas cuya altura se quiere averiguar tienen como legua y media de altura perpendicular, nos parece que se puede averiguar eſta altura con mas exâctitud uſando de los métodos geométricos, que uſando de el del Barómetro.

664. Problema IV. *Hallar sobre poco mas ó menos por medio del Barómetro la elevacion de un Lugar muy distante del mar, por exemplo de Besanzon sobre el nivel de éste.*

Solucion. Como la Columna de mercurio se hace otro tanto mas corta quanto eſtá mas elevada ſobre el nivel del mar la eſtacion en que eſtá colocado el Barómetro, se puede comparar la altura media del Barómetro en Beſanzon con la altura media del Barómetro colocado al nivel del mar en un parage de la misma latitud con corta diferiencia, por exemplo á la embocadura del Loira.

I.° Sean dos excelentes Barómetros colocados el uno en Beſanzon, y el otro á la embocadura del Sena ó Loira. Sus *alturas medias* durante el discurſo de un año ſerán diferentes únicamente á cauſa de la diferente altura de las elevaciones en que eſtan colocados, así como la altura media del Barómetro en el Obſervatorio de Paris es diferente quatro líneas de la altura media del Barómetro en Brest por razon de las 46 toeſas de elevacion que tiene la Sala del Obſervatorio de Paris ſobre el nivel del mar en Havre ó en la embocadura del Loira. (662)

II.° La *altura media* del Barómetro en Havre y en Brest es de 27 pulgadas y 10 líneas; en la Sala del Obſervatorio de Paris es de 27 pulgadas y 6 líneas; y en

Besanzon de 27 pulgadas y 3 líneas. Hay pues 7 líneas de diferiencia entre la altura media del Barómetro en Besanzon, y su altura media al nivel del Océano.

III.° Aplicando á este caso la Regla del Problema precedente, y considerando á Besanzon y á la embocadura del Sena ó Loira como dos Estaciones de diferente altura en que estan colocados dos Barómetros correspondientes, se puede valuar sobre poco mas ó menos la altura de Besanzon sobre el nivel del mar en 70 toesas + 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 pies; lo que denotaria en Besanzon como 75 toesas sobre el nivel del mar.

Suponiendo que el Doux tenga desde Besanzon hasta el Mediterraneo media línea de declive por toesa, la mitad mas del que tiene el Sena en su curso desde Paris al Océano (574), se sacaria igualmente que la elevacion de Besanzon sobre el nivel del mar era con corta diferiencia la misma que la que acabamos de indicar, y á la verdad que la velocidad que debia tener el Doux en su curso total en esta suposicion no distaria mucho, de la que tiene en realidad desde Besanzon hasta el Golfo de Leon en el Mediterraneo.

Aunque este método no de medidas bastante exâctas, ni se pueda esperar averiguar por medio de él la altura de un lugar mas que *sobre poco mas ó menos*, con todo nos podemos valer de él en infinitas ocasiones en que no se pueden conseguir medidas mas exáctas, y en que el conocer la altura de un lugar ó de un parage sobre poco mas ó menos nos basta para lo que queremos averiguar.

665. PROBLEMA V. *Estimar conjeturalmente por medio del Barómetro la altura que tiene la Atmósfera terrestre sobre el nivel del mar.* (Fig. 88).

SOLUCION. I.° Como la *Columna de mercurio* A D baxa con bastante regularidad una quantidad conocida á medida de que se sube el Barómetro á mayor altura perpendicular sobre el nivel del mar (662); Supongamos colocado el Barómetro á una altura en que segun esta progresion conocida de descenso la Columna de mercurio debiese baxar hasta el nivel de N en el depósito inferior N H.

Suponiendo que la Columna de mercurio A D tiene 28 pulgadas de altura en un punto de la ſuperficie terreſtre que eſté al nivel del mar; ¿ á *que altura* se deberia ſubir el Barómetro ſegun la progresion de descenso que conocemos por la Experiencia que tiene la columna de mercurio ſegun se va ſubiendo el barómetro á mayor altura, para que la columna de que hablamos baxaſe las 28 pulgadas, ó perdieſe toda su altura A D?

Reduciendo las 28 pulgadas á líneas tendrémos en eſta Columna de mercurio 336 líneas de altura. Cada línea de mercurio hace equilibrio con una columna de ayre de 10 toeſas y un número creciente de pies en la progresion ya indicada. Multiplicadas de eſte modo las 336 líneas darán 3360 toeſas + 56, 616 pies que hacen 9,436 toeſas; y así ſegun eſta primera computacion la altura de la Atmósfera ſeria de 12,796 que vienen á componer unas ſeis leguas.

Es cierto que la Atmósfera no puede tener menos de 12,796 toeſas de elevacion ſobre el nivel del mar. Pero es neceſario obſervar que debe tener mucho mas.

II.° Si el Ayre no se enrareciera en toda la altura de la Atmósfera ſegun otra progresion que la que sigue haſta la altura de 1000, ó 1200 toeſas la altura de la Atmósfera ſeria simplemente qual la hemos calculado de unas 6 leguas.

Pero si mas arriba de eſtas 1000, ó 1200 toeſas *el Ayre se despliega y enrarece en una progresion mucho mayor*, como efectivamente debe ſuceder á medida de que pierde diferentes partes del peſo que le encoge y comprime cerca de la tierra, es claro que la Atmósfera terreſtre debe tener una elevacion considerablemente mayor que la que ſacamos por la computacion que acabamos de hacer.

Como nos es imposible hacer experiencias en el Ayre á una elevacion ſuperior á la que tienen nueſtras mas altas montañas, se echa de ver fácilmente que no podemos obſervar la region media ni la region mas alta de la Atmósfera. No podemos pues conocer de otro

modo que por conjeturas la progresion que sigue el ayre en su expansion y rarefaccion mas allá de las alturas en que podemos tocarle y someterle á nuestras observaciones. De aqui nuestra incertidumbre sobre la altura fixa de la Atmósfera.

III.° Es cierto que la Atmósfera tiene mucho mas de 6 leguas de altura perpendicular sobre el nivel del mar. Los mas de los Físicos la dan comunmente 15 ó 16 leguas, lo que concuerda bastante bien con las ilaciones que se han procurado sacar acerca del mismo objeto, del fenómeno del Crepúsculo que no es otra cosa que la luz del Sol refractada por la Atmósfera.

De la Hire y Halley despues de haber exâminado con la mayor atencion y penetracion el Crepúsculo y sus dependencias han inferido con bastante verosimilitud que la Atmósfera debia estenderse como á 15 ó 16 leguas mas arriba de la superficie del Globo terrestre para que pudiese refractar hácia nosotros del modo que lo hace la luz del Sol quando éste astro está á unos 18 grados sobre el horizonte. (762 y 763).

666. NOTA. Como la *Atmósfera terrestre* tiene los mismos movimientos diurno y anual que el Globo á quien cubre, es verosímil que su figura sea la misma que la de la Tierra, esto es aplanada hácia los Polos, y elevada hácia el Equador.

Las mismas causas que producen el descenso de las aguas del mar yendo del Eqüador hacia los Polos, deben producir un descenso semejante en las *Columnas de ayre*, que teniendo tanta menos fuerza centrífuga quanto mas se alejan del Eqüador deben necesariamente para quedar en equilibrio con las Columnas adyacentes que estan mas cerca ó menos léjos del Eqüador ser otro tanto mas cortas quanto menos pierden de su gravedad (492 y 593).

SEC-

SECCION SEGUNDA.

NATURALEZA DEL SONIDO.

667. OBSERVACION I. El *Sonido* que tiene tanto imperio ſobre nueſtra alma, que calma ó irrita tan poderoſamente nueſtras pasiones, el ſonido tierno y laſtimero que nos enternece y hace derramar tan dulces lágrimas, el ſonido vivo y animado que arrancándonos á la melancolía nos alegra y regozija, pone en accion nueſtras fibras aletargadas, y parece que nos hace mover en cadencia; el ſonido dulce y apacible que aquieta el furor y deſarma la ferocidad, el ſonido fiero y amenazante que intimida á la audacia é infunde terror, el ſonido firme y apasionado que hace nacer el odio, anima á la venganza, infunde y ſoſtiene el valor: todos eſtos ſonidos no ſon en ſuma mas que un *Ayre modificado.*

Un ayre modificado por los timbales y tambores, los clarines y trompetas hace la mitad del valor del Soldado á quien anima y trasporta, y concurre en mucha parte á la gloria de la Nacion que consigue la victoria. Un ayre modificado por medio de diferentes inſtrumentos mecánicos se transforma en *Melodía y Harmonía* que intereſan al alma, regocijan el corazon, y varian al infinito nueſtros placeres, ¿Y que no ſerá quando eſte ayre modificado por un órgano animado é intereſante es ſucesivamente la imágen, ó de un bello penſamiento ó de un ſentimiento tierno? ¿Que poder no debe tener un ayre así modificado ſobre un Alma delicada y ſensible?

668. OBSERVACION II. Se puede considerar el Sonido ó en el cuerpo que le produce, ó en el medio que le transmite, ó en el órgano á quien mueve, ó en el alma que tiene el ſentimiento de él. (*Fig.* 98)

I.° El Sonido *en el Cuerpo que le produce* es un temblor mas ó menos rapido de las partes inſensibles de eſte cuerpo, el qual temblor se comunica no á toda la maſa

del ayre circundante, sino únicamente á ciertas moléculas de él que ſon capaces de adquirir é imitar perfectamente el temblor actual del Cuerpo ſonoro.

II.° El Sonido *en el Medio que le transmite* desde el Cuerpo ſonoro al Organo que recibe la impresion de él es un temblor de cierta especie de moléculas del Flúido aereo, el qual siendo *élastico y heterogéneo* eſtá compueſto de moléculas, unas mas groſeras D E ó R S que con su vibracion transmiten los Sonidos graves, y otras mas ſutiles M N ó *m n* que con la ſuya transmiten los Sonidos agudos.

III.° El Sonido *en el Organo á quien mueve*, ó en el Oido es un temblor determinado de tal ó tal fibra del Caracol auricular, la qual eſtá en uníſono así con el Cuerpo ſonoro como con tal especie de Ayre á quien hace temblar el Cuerpo ſonoro (*Fig.* 85 y 100).

Eſte *Caracol* es una especie de clave natural compueſto de una multitud innumerable de fibras de diferente longitud, de diferente grueſo, y de diferente tension. Entre las fibras del Caracol una eſtá en uníſono con el tono *ut*, otra con el tono *re*, éſta con el tono *mi*, aquella con el tono *fa*, y así proporcionalmente de las demas. Cada una de eſtas fibras no tiembla ſola sino quando es movida por moléculas aereas que eſtan en uníſono con ella, como lo explicarémos bien pronto (672 y 673).

IV.° El Sonido *en el Alma que tiene el sentimiento de él* es una ſenſacion espiritual ocasionada por una determinada ſenſacion material en el Organo del oido, y relativa á la cauſa extrínſeca que ocasiona primariamente en el Oido eſte temblor ó eſta ſenſacion orgánica. (*Met.* 324 y 329).

EXPERIENCIAS FUNDAMENTALES SOBRE EL SONIDO.

669. EXPERIENCIA I. Sea A X B una cuerda de Clave, Violin, ó Vihuela de dos pies de larga, tirante y fixada en los dos puntos inmóviles A y B, y sepa-

rada de todo cuerpo ſólido ó líquido en su longitud A B (*Fig.* 98).

Si con un mondadientes ó un alfiler se toca ó mueve rápidamente el medio X de la cuerda A B, éſta cuerda da un Sonido que dura algunos inſtantes, y en el discurſo de todo el tiempo que eſtá reſonando se la ve describir paralelogramos descrecientes A C B D, A *c* B *d*; y el Sonido se debilita á proporcion que los paralelogramos descrecen, y se acaba enteramente en el inſtante en que la cuerda dexa de moverſe desde X hácia C y hácia D.

I.° Eſtá obſervado que todos los paralelogramos A C B D, A *c* B *d* se describen en tiempos iguales: es decir que moviéndoſe la Cuerda desde X hácia C y hácia D gaſta el mismo tiempo ni mas ni menos en hacer su primera y mayor vibracion A C B D que en hacer la última y menor A *c* B *d*.

De donde se sigue que *todas las Vibraciones descrecientes de una Cuerda sonora son isócronas*; eſto es de una misma duracion.

II.° Aunque se debilite el Sonido á medida y proporcion de que las vibraciones van siendo mas pequeñas A *c* B *d*, no obſtante el Sonido primero mas fuerte y despues mas débil es siempre el mismo ſonido; es siempre el tono *ut*, por exemplo mas ó menos ſensible.

De donde se sigue que *si la fuerza ó intensidad del Sonido depende del grandor de las vibraciones del Cuerpo sonoro, la qualidad del Sonido es totalmente independiente de él.*

III.° Quando todavia no se tenian todos los conocimientos neceſarios ſobre el objeto de que tratamos se creia que el ſonido tenia por cauſa eficiente, por forma determinativa y conſtitutiva de su ſer las *Vibraciones generales y totales* del Cuerpo ſonoro, por exemplo las vibraciones A B C D, A *b* C *d* de la cuerda A X B.

Pero las obſervaciones y reflexîones de Perrault, Carré, de la Hire y algunos otros Físicos iluſtrados y penetrantes han hecho desvanecer eſta falſa perſuasion,

y han probado y demostrado que la *Causa formal del Sonido* consiste en la conmocion, temblor y latido recíproco y alternativo de las partículas insensibles del Cuerpo sonoro, por exemplo de las partículas *v x*, *v x* de la Cuerda T V en que se suponen representados así los poros como las partículas insensibles de la Cuerda A B.

670. EXPERIENCIA II. Sea la misma Cuerda A X B la mitad mas corta que antes y dispuesta del mismo, tocada por el medio con un mondadientes da un tono que es exâctamente la *Octava del Tono precedente.* Describe tambien paralelogramos descrecientes é isócronos A C B D, y A *c* B *d*; pero gasta la mitad menos de tiempo que antes en describir cada paralelogramo.

De donde se sigue que *la diferiencia de los Sonidos mas ó menos graves, mas ó menos agudos depende de la freqüencia de las Vibraciones en el Cuerpo sonoro.*

Se ve claramente que al pasar rápidamente de C á D, de *c* á *d* la Cuerda elástica A X B debe comunicar su movimiento y temblor al flúido elástico que la rodea. Por exemplo si se conciben las moléculas de ayre baxo de la forma de un conjunto de muelleçitos doblados y comprimidos D E, es claro que toda la columna compresible y elástica D E debe participar de las vibraciones de la Cuerda A X B, y que un Oido colocado en E debe ser afectado de las mismas vibraciones que tiene la Cuerda sonora.

671. EXPERIENCIA III. Sea A C B una Campana de vidrio colgada en el ayre y fixada en C. Sea tambien un Martillo V fixado cerca de la extremidad inferior de la campana, el que arrimará desde V hácia B dexándole muy cerca de la campana inmóvil sin que llegue á tocarla (*Fig.* 105).

Si se dan blandamente muchos golpes en la extremidad A B de esta Campana inmóvil se oye un pequeño temblor ó latido de la campana contra el martillo, el qual subsiste mientras que dura el Sonido de la Campana.

EXPLICACION. Se puede considerar una Campana como una serie de faxas circulares 1,2,3,4,5, puestas unas sobre

otras y cada faxa como una *Cuerda elástica* á quien la percusion hace pasar del estado circular al elíptico.

Hagamos cuenta de que el anillo circular *a b c d* es una de estas faxas de la campana. Verémos que este anillo elástico tiene despues de la percusion una serie de vibraciones muy rápidas *m n* que imitan bastante bien las vibraciones isócronas de la cuerda de que acabamos de hablar. Pues éstas vibraciones *n d m*, *m b n*, *n a m*, *m c n*, son las que comunicándose al ayre circundante producen el Sonido. (669 y 670)

Quanto mayor es la Campana mas lentas son las vibraciones que hace; es la imágen de una Cuerda mas larga que da un Sonido mas grave. Quanto mas pequeña es la Campana mas rápidas y freqüentes son sus vibraciones; es la imágen de una Cuerda mas corta que da un Sonido mas agudo.

672. EXPERIENCIA IV. Quando dos cuerdas estan *en unísono* en un mismo instrumento que tenga tambien otras cuerdas de diferentes tonos, si con un mondadientes ó con un Arco se hace temblar y resonar una de las dos Cuerdas que estan en unísono sin tocar á la otra, se verá que la que tiembla y resuena imprime un *pequeño temblor* semejante al suyo y claramente perceptible á la vista á la otra que está en unísono con ella sin que con todo imprima un temblor igual á las demas cuerdas mas ó menos cercanas, mas ó menos tirantes que no estan en unísono con ella.

I.° Al describir sus paralelogramos la Cuerda conmovida (669), conmueve á una masa de ayre á quien hace imitar sus movimientos, ó sus *idas y venidas* C M D, D M C. (*Fig.* 98)

II°. Esta masa de ayre que recibe é imita los movimientos de la Cuerda conmovida y que suena, tira por su impulsion á imprimir sus vibraciones, sus idas y venidas á todas las cuerdas del Instrumento. No obstante no las imprime sensiblemente á ninguna mas que á la *Cuerda que está en unísono* y que tiene una movilidad perfectamente igual á la de la cuerda que suena; por-

que eſta es la única que eſtá continuamente expueſta á las vibraciones, á las idas y venidas de la Columna de ayre D E, ó R S.

Las *Cuerdas menos móviles* que la columna de ayre D E no pueden adquirir una vibratilidad igual, porque ſon primero ſalvadas, y despues detenidas y repelidas por eſta columna.

Las *Cuerdas mas móviles* que la Columna de ayre D E acaban la infinitamente pequeña vibracion que se les ha impreſo al principio antes de que eſta Columna haya acabado la ſuya, y así no pueden ir y venir continuamente como ella, ni ſer conſtantemente conmovidas por ſus impulſos ſuccesivos infinitamente pequeños.

III.° Es claro que una Columna de ayre D E conmovida por una Cuerda de laton ó de vihuela no puede comunicar ſúbitamente y de un golpe un *movimiento sensible* á otra cuerda de vihuela ó de laton, y que para que se haga éſta comunicacion es preciſo que la una cuerda haga contra la otra mediante la columna de ayre D E muchas vibraciones ſuccesivas y no destruidas.

La conmocion así comunicada por la columna de ayre ſerá la mayor y mas ſensible que puede ſer en el caſo en que la columna de ayre y la cuerda que ha de ſer conmovida por ella tengan cada una una vibratilidad perfectamente igual, ó que eſté como 1 á 1.

Se hará tambien la conmocion aunque mas debilmente quando la vibratilidad respectiva de la columna de ayre y de la cuerda que ha de ſer conmovida ſea como 2 á 1, ó como 1 á 2; porque en qualquiera de eſtos caſos al cabo de dos vibraciones volverá la columna de ayre á impeler de nuevo á la cuerda, y así progresivamente (674).

673. NOTA. Si el Oido es una especie de *Clave natural* compueſto de una infinidad de fibras de diferente longitud, grueſo y tension;

I.° Es claro ſegun la Experiencia precedente que una Cuerda qualquiera de violin ó clave, conmovida y pueſta

en accion debe hacer temblar únicamente á la *Fibra auricular* que esté en unísono con ella. De aqui la percepcion de este Sonido, la qual es propia y depende únicamente del temblor orgánico de esta fibra A B por exemplo (*Fig.* 85).

II.° *Otra Cuerda* de un tono mas grave ó mas agudo conmovida y puesta en accion hará tambien temblar únicamente á otra *Fibra* auricular que esté en unísono con esta nueva cuerda. De aqui la percepcion de un nuevo Sonido propia y dependiente únicamente de un nuevo temblor en una nueva fibra C D de la Lámina espiral.

III.° Si estos dos temblores diferentes son producidos á un mismo tiempo en dos diferentes Fibras auriculares A B y C D, el Alma tendrá á un mismo tiempo la sensacion ó percepcion espiritual de estos dos Sonidos diferentes.

Y como no hay Sonido alguno posible que no esté en unísono con alguna de las Fibras auriculares *m n*, *m n* se sigue que no hay Sonido alguno que no pueda hacer temblar alguna de las Fibras auriculares, y por este medio hacerse sentir del alma. (*Fig.* 100 y 84).

Diversidad y propagacion de los Sonidos.

674. Observacion I. Por las varias observaciones que se han hecho en cuerdas tañidas de varios modos, consta:

I.° Que *dos Cuerdas que hacen en un mismo tiempo un mismo número de vibraciones* dan el unísono, esto es hacen dos sonidos perfectamente semejantes en naturaleza que parece que se reunen en un sonido solo.

II.° Que *dos Cuerdas de las que la una hace dos veces mas vibraciones que la otra en un mismo tiempo dan dos tonos de los que el uno es la Octava del otro.*

III.° Que la Cuerda cuyas vibraciones son dos veces mas rápidas da la *Octava superior*; que la que hace tres vibraciones contra dos da la *Quinta*; la que hace quatro contra tres la *Quarta*; la que hace cinco contra qua-

tro la *Tercera mayor*; y la que hace feis contra cinco la *Tercera menor*.

He aqui la relacion y expresion numérica de eftos *diferentes Tonos* considerándolos relativamente á la diferente freqüencia de las Vibraciones del Cuerpo fonoro que los produce: 1 á 1 es el unífono: 2 á 1 la octava: 4 á 1 la octava doble: 3 á 2 la quinta: 4 á 3 la quarta; 5 á 4 la tercera mayor: y 6 á 5 la tercera menor.

675. OBSERVACION II. Segun Descartes cuya opinion ya casi ninguno sigue, el fonido se eftiende y transmite en el Ayre *por la via de Undulacion*: efto es imitando los círculos líquidos que se forman en un Depósito lleno de agua quieta quando se arrojan en él á un tiempo ó fucesivamente varias piedras.

Segun los demas Físicos el fonido se transmite y propaga *por la via de Presion*: para lo qual fuponen que las moléculas de ayre que le transmiten y caufan su percepcion fon como una ferie de muellecitos compresibles y eláfticos que se hallan interpueftos y fon agitados entre el oido y el cuerpo fonoro. (*Fig.* 98)

De qualquiera modo que se propague el Sonido confta por las experiencias que se han hecho repetidas veces en diferentes tiempos y lugares;

I.° Que *el Sonido sea grave ó sea agudo, sea fuerte ó sea débil se transmite constantemente con la misma velocidad* durante todo el tiempo que fubsifte y se hace oir.

II.° Que *el Sonido anda uniformemente* 173 *toesas por segundo* fea en la mayor cercanía, fea á la mayor distancia del Cuerpo fonoro.

III.° Que *la velocidad del Sonido sea grave, sea agudo, sea fuerte ó sea débil se aumenta por un viento favorable, y disminuye por un viento contrario.*

El Sonido con un viento favorable anda 173 toefas por fegundo, lo que es un espacio mayor que el que el viento hace andar en un mismo tiempo á la mafa del ayre: con un viento contrario anda 173 toefas por segundo lo que es un espacio menor que el que el viento hace andar en igual tiempo á la mafa del ayre.

No

No es fácil determinar á punto fixo la *Velocidad del viento.* Segun las Obſervaciones de Mariotte el Viento mas violento no corre mas que 5 toeſas y 2 pies por segundo; pero ſegun las de Derham corre como el doble. Como eſtos dos Físicos han hecho ſus obſervaciones en lugares y vientos diferentes no es de extrañar eſta diferiencia de ſus obſervaciones.

676. NOTA. Mediante eſte conocimiento de la determinada velocidad del Sonido se puede en baſtantes caſos hacer averiguaciones útiles y divertidas. Por exemplo se puede *determinar con corta diferiencia á que distancia está un Cañon cuya luz vemos primero, y cuyo sonido oimos despues; ó á que distancia está una Nube de la que vemos primero el relámpago, y oimos despues el trueno.*

I.° Como la Luz anda á lo menos 66,666 leguas en un ſegundo (716), se puede muy bien tomar el inſtante en que se ve la luz del Cañon, ó el relámpago de la Nube por el inſtante en que se hace la erupcion de la pólvora fuera del Cañon, ó de la materia fulminante fuera de la nube. Habrá pues entre el Cañon ó la nube, y el sitio en donde se oye el ſonido otras tantas veces 173 toeſas quantos Segundos han paſado desde el inſtante en que se vió la Luz haſta el en que se oyó el Sonido.

Supongamos que desde un inſtante á otro han paſado diez Segundos. La diſtancia ſerá $173 \times 10 = 1{,}730$ toeſas que hacen un poco mas de tres quartos de legua.

II.° La dificultad conſiſte pues únicamente en ſaber el número de Segundos que paſan desde el inſtante en que se ve la Luz haſta el inſtante en que se oye el Sonido.

Eſto se podrá ſaber ſobre poco mas ó ménos por medio de las pulſaciones del Pulſo; el qual en el Adulto late como 65 ó 70 veces por Minuto. Y así ſuponiendo como 160 toeſas andadas por el Sonido durante cada pulſacion, se averiguará con muy corta diferiencia la diſtancia del Cañon ó de la Nube. (680)

OBJECIONES Y RESPUESTAS.

677. OBJECION I. En la hipótesis que adoptamos acerca del Sonido, una sola y *misma Cuerda* de violin ó clave conmovida y puesta en accion deberia dar á un tiempo todos los Tonos posibles así graves como agudos; porque esta Cuerda con sus vibraciones totales y particulares imprime forzosamente un movimiento á todas las especies de ayre que la rodean. Es así que la rodean tanto las diferentes especies de ayre destinadas á dar lo s tonos mas ó ménos graves, como las destinadas á dar los tonos mas ó ménos agudos: Luego esta Cuerda conmovida y puesta en accion deberia hacer temblar á un tiempo todas las diferentes especies de ayre; y por lo mismo producir todos los tonos posibles, pues que los diferentes tonos no son otra cosa que el temblor de diferentes especies de ayre.

RESPUESTA. Es evidente que una Cuerda conmovida y puesta en accion no puede hacer sus vibraciones mas ó ménos rápidas en el Ayre sin mover todas las diferentes especies de ayre que la rodean y comprimen en todas direcciones. Y así si el Sonido consistiera únicamente en el simple movimiento del ayre es evidente que una sola y misma Cuerda deberia dar todos los tonos posibles á un tiempo. Pero el Sonido no consiste en un movimiento qualquiera del ayre sino que consiste en un movimiento de vibracion sostenido en un temblor regular y durable de las moléculas aereas. Y una Cuerda conmovida no puede dar un movimiento de vibracion sostenido, un temblor regular y durable á otra especie de ayre que á aquella cuya vibratilidad es análoga á la suya. Así

1.º Una Cuerda puesta en movimiento da un *Tono único*, sensible y dominante, porque solamente imprime un temblor sensible, regular y dominante á aquella especie de ayre cuya vibratilidad es igual á la suya (672).

II.° La misma Cuerda imprime tambien un pequeño temblor regular y sostenido á ciertas otras especies de ayre cuya vibratilidad tiene alguna analogía con la suya; á saber á las *Especies de ayre armónicas* : es decir á aquellas cuya vibratilidad es tal que sus vibraciones pueden y deben volver á empezar despues de un cierto número de movimientos al mismo tiempo que las vibraciones de la cuerda que suena. Por exemplo

Una Cuerda puesta en movimiento, en primer lugar hace temblar y resonar clara y sensiblemente las moléculas de ayre propias á hacer precisamente otras tantas vibraciones como ella. Este es el *Tono principal y dominante.*

La misma Cuerda hace tambien temblar y resonar aunque con mucha ménos fuerza las moléculas de ayre que hacen dos vibraciones contra una ; esta es la *Octava*; despues y mas débilmente aun hace temblar y resonar á las que hacen tres vibraciones contra dos ; esta es la *Quinta* ; y así progresivamente ; de modo que un solo y mismo Cuerpo sonoro conmovido y puesto en accion forma siempre un pequeño concierto.

Estos Sonidos que nacen del sonido principal y que se llaman *Tonos armónicos* son á la verdad confundidos y como cubiertos por el sonido principal. Pero quando éste llega á debilitarse, un Oido delicado puede sin trabajo percibirlos distintamente.

La Cuerda que suena y da el Tono principal hace una impresion sobre las *Especies armónicas de ayre* , otro tanto mas viva y sensible quanto mas armónicas son , ó quanto mas prontamente vuelven sus vibraciones á concurrir con las de la cuerda que suena. La razon es porque quanto mas se acerca la vibratilidad de las Moléculas de ayre á la de la Cuerda que suena, ó quanto mas prontamente vuelven á empezar á un mismo tiempo unas y otras vibraciones , tanto mas freqüente y eficazmente reciben éstas moléculas el impulso de la cuerda.

III.° La misma Cuerda puesta en movimiento imprime tambien algun movimiento irregular á las demas es-

pecies de ayre contigüo, cuya vibratilidad difiere enteramente ó demasiado de la suya, sea siendo mayor, sea siendo menor. Pero este movimiento por la falta de correspondencia entre el resorte de la cuerda conmovida y el de la especie de ayre que ha de conmover no es un movimiento de vibracion sostenida y regular, de la qual únicamente depende la produccion del Sonido.

678. OBJECION II. En la hipótesis que adoptamos el Sonido agudo deberia transmitirse con mas velocidad que el grave, pues que las vibraciones del agudo son mas prontas y rápidas que las del grave (674), y consta por la experiencia que el sonido grave y el agudo, el mas fuerte y el mas débil se transmiten con la misma velocidad, y se hacen oir á lo léjos en un tiempo igualmente corto ó igualmente largo.

RESPUESTA. Hay una diferencia esencial entre la propagacion del Sonido y la de la Luz.

La Luz se estiende y propaga *por el transporte succesivo de las Moléculas luminosas.* Por exemplo yo veo al sol mediante la impulsion que hacen sobre las fibras de mi ojo las moléculas mismas que han sido despedidas y han escapado del seno de este astro.

El Sonido al contrario se transmite y propaga *por la simple presion succesiva de las Moléculas aereas*, que al modo de otros tantos muellecitos contigüos exercen su reaccion unas contra otras. Por exemplo las moléculas de ayre que dan en las fibras de mi oido y me hacen oir el sonido de una Campana distante un quarto de legua de mí, no son aquellas mismas moléculas que ha conmovido el temblor de la campana.

Concibamos *una Columna* de moléculas aereas perfectamente elásticas, la qual se extiende sin interrupcion desde la campana hasta mi oido. Las moléculas aereas que tocan á la campana que suena reciben de ella sus vibraciones, las quales se comunican rápidamente de una á otra molécula en toda la extension de esta columna sin que las moléculas aereas que la componen muden de lugar para mas que para hacer sus vibraciones

en el sitio mismo en que se hallan. La primera molécula conmovida por el temblor de la Campana conmueve á la segunda, la segunda á la tercera, la tercera á la quarta y así progresivamente; de modo que la última que toca inmediatamente á mi oido recibe al fin por comunicacion el temblor de la primera. Esta explicacion sencilla y clara desvanece enteramente la fuerza de la objecion que se propone. Porque

I.° Fácilmente se concibe que si *dos Cuerdas de un clave* que esten la una en octava con la otra hacen á un mismo tiempo sus vibraciones contra dos especies diferentes de ayre que se estienden en columnas hasta mi oido, cada molécula del tono agudo necesitará para hacer dos vibraciones en su espacio otro tanto tiempo sensiblemente como necesitará cada molécula del tono grave para hacer una sola vibracion en el suyo.

II.° Se concibe igualmente que si *dos Cuerdas* suenan, la una débil y la otra fuertemente, la primera necesitará para producir en las moléculas aereas una compresion mas débil, de un tiempo sensiblemente igual al que necesitará la segunda para producir en ellas una compresion mas fuerte. De lo que se sigue que el tono grave y el agudo, el fuerte y el débil deben transmitirse con una velocidad sensiblemente igual.

679. OBJECION III. Las flautas, los oboes, los clarinetes, los bajones y algunos otros instrumentos de viento hacen Sonidos otro tanto mas agudos siendo todo lo demas igual, quanto el ayre sale por menos agujeros y mas cerca de la embocadura. ¿Se dirá que la especie de ayre que sale de una flauta por el agujero *Sol* es diferente de la especie de ayre que sale de la misma flauta por el agujero *Fa* ó *La*? Esto seria adoptar una estraña paradoxa. ¿Y aun caso de que se la adoptase, porque quando el soplo y movimiento de la lengua en la flauta, ó el temblor de la caña en el oboe han impreso un temblor determinado á cierta especie de ayre no conserva ésta el mismo temblor al salir por qualquiera de los agujeros de la flauta ó del oboe?

Respuesta. El ayre contenido en la capacidad de una flauta, de un oboe ó de qualquier otro instrumento semejante recibe de la boca un impulso que le comunica un movimiento, pero un movimiento diferente del que le hace formalmente sonoro; pues que no suena hasta el instante en que sale fuera del instrumento, y da en el ayre exterior. Sobre lo qual se ofrecen las observaciones siguientes.

I.° La Columna de ayre contenida en el instrumento es la causa del sonido, y no el sonido mismo. A esta columna se la debe considerar como una *Cuerda sonora* que produce Sonidos otro tanto mas agudos quanto es mas corta, y cuya longitud es igual á la distancia que hay desde la embocadura hasta el agujero mas cercano por donde sale el ayre. Los dedos que tapan y destapan los agujeros del instrumento alargan ó acortan la columna sonora y la ponen en estado de dar tonos mas graves ó mas agudos. Esta accion de los dedos sobre los instrumentos de boca produce efectos semejantes á los que causa el movimiento de los dedos en un violin ó vihuela.

El *Soplo de la boca* produce el mismo efecto en esta Columna de ayre que el Arco en una cuerda de violin; él la conmueve y la pone en estado de conmover el ayre circundante al salir del instrumento. Y la columna mas corta da un tono mas agudo que la mas larga si todo lo demas es igual (670).

II.° La Columna de ayre contenida en la capacidad de una flauta ó de un oboe no produce el Sonido sino por su salida fuera del instrumento. Semejante á una cuerda de clave ó violin, quanto mas corta es tiene vibraciones mas freqüentes; y quanto mas freqüentes vibraciones tiene con un mismo soplo, mas freqüentes vibraciones imprime á las moléculas de ayre en que da al salir del instrumento. De aquí la diferiencia de los Tonos graves y agudos de que es la causa.

III.° Quando se llega á los agujeros mas inmediatos á la embocadura de la flauta, para hacerla dar tonos

mas agudos es necesario un soplo y un movimiento de lengua de una especie nueva. Este soplo y estos movimientos de lengua mas vivos y rápidos imprimen vibraciones mas prontas á la *Columna sonora* que se contiene en la flauta, y la ponen en estado de imprimir al salir fuera del instrumento vibraciones mas rápidas y freqüentes al ayre exterior.

De aquí los Tonos mas ó menos agudos de la segunda octava á medida de que los dedos tapando y destapando los agujeros acorten ó alarguen la Columna sonora, la qual se debe siempre tener por la causa del sonido y no por el sonido mismo.

IV.° Aunque la *Columna de ayre* de que hablamos sea la principal causa del Sonido, no se sigue de esto que la materia de la flauta ó del oboe no influyan nada en la produccion del sonido. Es muy verosímil que el instrumento mismo contribuye mucho mediante el temblor de sus partes insensibles á la formacion y perfeccion del Sonido que hace la Columna de ayre contenida en la flauta ó el oboe, así como el temblor de las partes insensibles del clave ó violin contribuye seguramente á la formacion y perfeccion del sonido que produce en ellos la cuerda sonora.

Se distingue una buena Flauta de una mala no solamente en lo entonado ó desentonado sino tambien en lo armónico de su Sonido. ¿Y que es esta armonía sino un temblor ocasionado por las partes insensibles del instrumento, temblor que no es siempre destruido por el contacto del cuerpo sonoro pues le percibimos fácilmente en el violin, bocina y en el tambor, aunque estos instrumentos esten apoyados sobre los que les hacen sonar?

V.° Resulta de todo esto que la *diversidad de los Tonos* en la flauta y en el oboe no tiene ninguna particularidad mas en estos que en los demas cuerpos sonoros, fuera de la de que en estos el ayre mismo es en mucha parte la causa del *Sonido*. ¿Pero porque una Columna de ayre de toda especie no podria hacer lo que hace una cuerda de tripa ó de metal, esto es im-

primir un ayre determinado al ayre circundante?

Esta *Columna de ayre* contenida en la capacidad del instrumento debe recibir mediante el impulso de la lengua y de la boca un movimiento otro tanto mayor quanto es mas corta; y segun la Ley comun á todos los fluidos debe acelerar su movimiento al salir por los agujeritos del instrumento. Quanto mayor es su velocidad á la salida mas rápidas deben de ser las vibraciones que imprima á las partes insensibles del instrumento, y mas prontitud y freqüencia debe tener el temblor que imprime al ayre exterior. De aquí la diversidad de los Tonos.

680. NOTA. Es bastante verosímil que el Sonido del cañon, del fusil y de qualquiera otra arma de fuego proviene tambien principalmente de la *accion del ayre contra el ayre*: á saber de la accion del ayre combinado con el azufre y carbon á quien la inflamacion desune dentro del cañon, y pone en estado de impeler con vibraciones muy violentas el ayre exterior al salir fuera de él.

Este ayre así desunido es lo que los Físicos modernos llaman *Ayre inflamable* á causa de las partículas ígneas que la fermentacion, electrizacion ó inflamacion le unen, y que causan su explosion y detonacion.

La fuerza explosiva de la pólvora encendida debe tambien producir un temblor bastante considerable á las partes insensibles del arma de fuego de cuyo seno rompe con esfuerzo; y este temblor concomitante contribuye sin duda no poco á formar, perfeccionar y caracterizar el sonido producido principalmente por la explosion de la pólvora y del ayre (669).

681. OBJECION IV. En la hipotesis que adoptamos, quando *dos Cuerdas que estan en unísono* suenan á un mismo tiempo heridas de dos diferentes arcos, no se deberia oir mas que un simple Sonido, mas fuerte y lleno á la verdad, pero único; y no obstante se oye y distingue el sonido de una y de otra. Luego la hipótesis que adoptamos es contraria á la experiencia.

Pruebo el antecedente. Las dos Cuerdas que estan

en

en unísono, no deben hacer temblar mas que á una sola y misma especie de ayre: el temblor de una sola y misma especie de ayre no debe hacer temblar mas que una misma fibra auricular, y el temblor de una sola y misma fibra auricular no debe ocasionar en el Alma mas que una sola y misma sensacion relativa á un mismo y simple Sonido, á un mismo y único cuerpo sonoro.

RESPUESTA. Este pequeño fenómeno ha parecido tan singular á la mayor parte de los mas célebres Físicos que han desesperado de que jamas se llegase á dar de él una explicacion que quadrase bien con la teoría demostrada del Sonido; nosotros confesamos que sentimos como ellos toda la fuerza de la objecion propuesta, pero no por eso juzgamos que sea absolutamente indisoluble é inconciliable con la teoría del Sonido. Interin que la meditacion ó el acaso nos dan nuevas luces sobre este objeto, he aqui nuestra opinion y respuesta.

I.° Aun quando fuese verdad que este fenómeno es inexplicable é inconciliable con la teoría del sonido, no se seguiria de esto que se debia abandonar esta teoría demostrada por la experiencia; Porque segun el Axîoma general que hemos expuesto en nuestra Metafísica (*Met.* 20), lo que hay de claro y cierto en una cosa no se debe abandonar á causa de lo obscuro é incierto que pueda hallarse en la misma cosa.

II.° ¿Pero acaso este fenómeno es realmente tan inexplicable y tan opuesto á la teoría del Sonido como se ha querido persuadir? No sin duda. Es cierto que dos Cuerdas que estan en unísono y suenan heridas de dos diferentes arcos no deben hacer temblar mas que á una misma especie de ayre en la Atmósfera, y á una misma fibra en el Oido; y que de consiguiente el Alma no debe sentir mas que un solo Sonido, siempre que las *dos Cuerdas* que le ocasionan tengan entre sí una semejanza entera y perfecta: de modo que no haya absolutamente diferencia alguna ni aun la mas mínima entre sus partes sensibles, ni entre sus partes insensibles.

Pero si estas dos Cuerdas bastante semejantes en

grueſo y en su generalidad que da su *Tono comun*, se diferencian entre sí en algunas pequeñas particularidades capaces de hacerſe ſentir de una parte y de otra en eſte Tono comun, ¿porque no deberá el alma percibir y diſtinguir en el Tono general y comun que podria muy bien referir á una ſola cauſa algunas modificaciones un poco diferentes que la anuncien *dos distintas Causas*, y que ſean relativas á dos Cuerdas que hagan cada una su ſonido?

No hay en la Naturaleza una ſemejanza enteramente perfecta entre dos Cuerpos qualesquiera por semejantes que parezcan. Hay siempre entre dos coſas materiales algunos rasgos, algunos lineamentos, algunos accidentes que hacen que la una difiera de la otra.

Dos Cuerdas de Clave ó violin ſensiblemente de la misma longitud, del mismo grueſo y de la misma tension no se aſemejan perfectamente en todo su ſer, en todos ſus poros, en todas ſus partes inſensibles. Lo que tienen de *semejanza* baſta para que conmuevan en grueſo la misma especie de ayre, y para que haga cada una en el oido una impresion de la misma naturaleza en general. He aqui el Tono comun. Lo que tienen de *diferiencia* baſta tambien para que la una conmueva algunas moléculas aereas que no conmueva la otra; y para que un oido delicado y atento que recibe eſtas dos impresiones sienta alguna alteridad ó diferiencia real, alguna falta de identidad perfecta entre ellas. De aqui la percepcion de dos Cuerdas y dos Sonidos que eſtan en uníſono.

682. OBJECION V. En la Sentencia que adoptamos ſobre la transmision del Sonido, el Sonido de una campana metida debaxo del recipiente de una Máquina pneumática no deberia oirſe fuera, pues el ayre de afuera no recibe temblor alguno comunicado por el ayre agitado debaxo del recipiente, respecto de que el recipiente es como una pared impenetrable que ſepara eficazmente el ayre interior del exterior. Parece pues que el *Medio* que sirve de transmitir el Sonido desde el cuer-

po que le produce al órgano que recibe su impresion debe ser un flúido mas sutil que el ayre, el qual pueda pasar libremente por entre los poros del vidrio.

RESPUESTA. Para desatar completamente esta dificultad harémos ver que la transmision del Sonido no se puede atribuir á un flúido diferente del ayre, y que el temblor del ayre encerrado debaxo del recipiente puede fácilmente comunicarse al ayre exterior. (*Fig.* 103)

I.° La *transmision del Sonido* no se puede atribuir á un Flúido diferente del ayre, mas sutil que él, y que pueda pasar libremente por entre los poros del vidrio; porque se experimenta que á medida de que se extrae y se enrarece el ayre del Recipiente se disminuye y debilita el Sonido;

Lo que no deberia suceder si el Sonido se transmitiese mediante un flúido diferente del ayre que pasase libremente por entre los poros del vidrio. Pues en esta hipótesis habria siempre debaxo del Recipiente la misma *causa del Sonido*, á saber la misma Campana destinada á producirle, y el mismo flúido destinado á transmitirle.

II.° El *ayre encerrado debaxo del recipiente* puede muy bien comunicar su temblor al ayre exterior; porque aunque no tenga comunicacion inmediata con él la tiene mediata, y ésta basta para que le transmita el temblor que él tiene.

Mas claro, quando la Campana conmovida debaxo del recipiente por el golpe del martillo imprime sus vibraciones totales y particulares á la masa del ayre que le rodea (671), este ayre temblante comunica su temblor y vibraciones á las partes del vidrio que le aprisiona; estas partes temblantes del vidrio comunican su temblor y vibraciones á las moléculas del ayre exterior que las circundan; y este ayre circundante comunica su temblor y vibraciones á la masa del ayre interpuesto entre el recipiente y el oido que recibe la impresion del Sonido.

Es verdad que la *Masa de ayre* encerrado debaxo

del recipiente y conmovida por el temblor de la campana debe conmover con bastante mas dificultad y debilidad las partes del vidrio que conmoveria á una simple masa de ayre. Pero tambien se percibe claramente que el Sonido de la Campana encerrada debaxo del recipiente es en efecto considerablemente mas débil y menos sensible que lo que seria si la misma Campana sonase á ayre libre fuera del recipiente.

EL ECO, IMAGEN DE LA VOZ.

683. DESCRIPCION. El Eco, ésta invisible divinidad de las cuevas y las rocas, tan ponderada por los Poetas, tan interesante para los Amantes, y que toda voz y todo sentimiento parece transformarse en los que la hablan; imágen fiel de sus penas, de sus triunfos, de sus diversiones y transportes; lastimera con los que se lamentan, alegre con los que se regocijan, y terrible con aquellos cuya rabia prorumpe en amenazas: el *Eco* vuelvo á decir, no es otra cosa que un Ayre reflexado cuyas vibraciones excitadas por el Cuerpo sonoro vuelven despues de un cierto tiempo á afectar el órgano del oido.

Yo mismo he oido á un Eco repetir clara y distintamente todo el primer verso de la Eneyda: *Arma virumque cano Trojæ qui primus ab oris.* Quando recitamos distintamente este Verso en voz alta, nuestro oido percibe succesivamente todas sus sílabas, porque á cada instante el ayre modificado por nuestra voz hiere nuestro oido con modificaciones diferentes. ¿Para que oigamos pues segunda vez este *mismo Verso*, que es necesario? Unicamente que el mismo ayre vuelva con las mismas modificaciones succesivas á herir y conmover las mismas fibras de nuestro oido. Pues esto es precisamente lo que debe suceder por medio del Eco, como lo vamos á explicar. (*Fig.* 90)

I.° Supongamos que á una distancia considerable del punto A hay una Caverna B C D E F, de tal modo con-

figurada que quando alguno habla en el punto A todas las Columnas vocales y aereas A B, A C, A D, A E, A F terminen en pequeñas ſuperficies á quienes ſea perpendicular ſu direccion.

Segun las Leyes generales de la *Reflexîon de los Cuerpos elásticos* todas eſtas Columnas aereas, impelidas y comprimidas contra el plano en que terminan tendrán un movimiento comun de reaccion hácia el punto A; pues que siendo recto el ángulo de incidencia, el de reflexîon es perfectamente el mismo; y asi las moléculas aereas que den ſuccesivamente en la Caverna con un cierto grado de temblor ſerán ſuccesivamente repercutidas por ella con el mismo género de temblor con el qual irán ſuccesivamente á afectar el oido en A. He aqui la repeticion del Sonido; he aqui el Eco.

II.° Si en el punto H y en el punto K hay otras dos *Cavernas semejantes* habrá en A tres repeticiones del ſonido, ó se oirán tres Ecos.

Así si una perſona da un grito, ó pronuncia una voz en el punto A, oye primeramente eſte ſonido mediante el temblor que imprime su voz á las moléculas aereas, y le oye despues ſuccesivamente tres veces mediante la repercusion que padecen eſtas moléculas temblantes en los puntos K H M. El Eco mas cercano repite el primero, y el mas diſtante el último; porque la propagacion del ſonido ſea directo, ſea reflexo es uniforme, y el ſonido necesita tanto mas tiempo para ir ó volver quanto mas diſtante eſtá el término en que da y que le reflexa.

Se puede facilmente determinar la *distancia del Eco* ó de la Concavidad que reflexa el ſonido, porque si se paſan quatro ſegundos por exemplo desde que se oye el ſonido directo haſta que se oye el reflexo, es viſto que el ſonido tarda dos Segundos en llegar al Eco, y otros dos en volver; y de consiguiente que el Eco diſta dos veces 173 toeſas del que forma el sonido y oye su repeticion en el punto A (675).

III.° Si los *Planos reflexantes* B C D E F eſtan todos

desigualmente inclinados de modo que las Columnas vocales A B, A C, A D, A E, A F reflexen dando en sus planos respectivos hácia un punto comun N, el Eco ó la repeticion del Sonido se oirá no en el punto A sino en el punto N.

Así en este caso se oirá primeramente el Sonido directo en N por la linea A N, y despues la repeticion del Sonido por la línea A M N.

IV.° Quando no hay *Concavidad alguna que reflexe* cerca del que habla no se oye la Repeticion ó el Eco; ya sea porque el ayre libre que no es detenido y reunido no se comprime con bastante fuerza para que tenga una reaccion sensible, ya sea porque esta reaccion dirigida y dispersada por la irregularidad de los planos reflexantes hácia una infinidad de puntos diferentes no puede hacer en parte alguna una impresion eficaz y sensible en el Organo del oido.

V.° En los templos, en las arboledas, y en los valles se experimentan Ecos con bastante freqüencia, porque la Naturaleza ó el arte han proporcionado en estos parages *Concavidades* apropósito para dar al Sonido reflexo una direccion general y comun hácia ciertos puntos.

El Eco es otro tanto mas sensible quanto mas fuerte es el Sonido primitivo; quanto mas general es la convergencia de las Columnas sonoras hácia un mismo punto, y quanto mas cerca está el Oido del centro de convergencia.

El Oido puesto en S oirá el Eco M, pero le oirá mucho mejor en el punto A en donde se concentra toda la accion de las Columnas reflexadas. Es claro que este centro de convergencia puede estar mas cerca ó mas léjos del Eco, que aquel que forma el Sonido directo.

VI.° Hay á veces *Eco de Eco.* Por exemplo el Sonido formado en A puede reflectir á N por el Eco M, y este sonido reflexo puede hallar en N una concavidad que le reflexe de nuevo á A. En este caso se oirá en A la repeticion del Sonido reflexo, ó el Eco del Eco.

VII.° Quando hablamos cerca de un Eco, el Eco

repite igualmente todas las sílabas de una larga frase. ¿Porque pues no oimos por lo comun mas que las últimas?

La razon es porque el Sonido directo hace miéntras dura en las fibras del oido una impresion mucho mas fuerte que el Sonido reflexo, y la *Impresion dominante absuerve la atencion del Alma*, y la impide ser afectada sensiblemente por impresiones mas débiles.

Pero quando se acaba el temblor mas sensible ocasionado en las fibras del oido por el sonido directo, el temblor mas débil ocasionado por el reflexo se hace la impresion dominante, y el alma vuelve á él toda su atencion. De aqui la percepcion de las últimas sílabas que repite el Eco.

EL ORGANO DE LA VOZ.

684. DESCRIPCION. La Voz humana, esta imágen sensible de los pensamientos, de los sentimientos y de todas las modificaciones de una sustancia intelectiva; este espejo sublime que pinta ó debe pintar las almas para unir los hombres en Sociedad, para consagrar sus empeños recíprocos, y para hacer del Género humano una sola Familia de Hermanos destinados á prestarse socorros mutuos de ilustracion y de asistencia; la *Voz humana* repito, no es mas que un ayre modificado que la Trache aarteria pone en movimiento, que la Lengua divide, y que perfecciona la Concavidad de la boca (*Fig.* 106).

I.° A la extremidad superior de la Trachea-arteria G *g* H *h* hay un pequeño orificio K como de una linea de diámetro, de figura oval, bastante semejante á la embocadura de una gaita, y apropósito para abrirse mas ó ménos segun se quiera: esta es la *Glotis* (516).

Sobre este orificio hay una pequeña lengüeta móvil que se llama *Epiglotis*, la qual baxando sobre la Glotis la puede tapar enteramente.

La Epiglotis no tapa enteramente á la Glotis sino durante el instante en que los alimentos sólidos ó líqui-

quidos entran por el Eſófago al Eſtómago. En todo el demas tiempo la Glotis eſtá ſumamente abierta para dexar un libre exercicio á la inſpiracion y expiracion, las quales haciéndose tranquilamente no imprimen temblor alguno ſensible, ni al entrar ni al ſalir á las moléculas del ayre.

II.° Quando queremos hacer algun Sonido, ó pronunciar alguna palabra empezamos por eſtrechar mas ó ménos la Glotis K, ó impelemos deſpues con mas ó ménos vehemencia el ayre de los pulmones haciéndole entrar en las sinuosidades *g* G, *h* H de la Trachea-arteria.

¿Que debe reſultar de eſto? El ayre de los pulmones comprimido en las sinuosidades de la Trachea-arteria ſale con violencia por la Glotis á quien hace temblar de varios modos, y cuyo temblor se comunica y transmite al ayre contenido en la concavidad de la boca. Quanto mas eſtrechada eſtá la Glotis K mas rapidez tiene el ayre que pasa por ella, y quanta mas rapidez tiene el ayre al paſar por la Glotis, mas freqüencia tiene el temblor que imprime á ſus fibras. De aqui la diferiencia de tonos mas ó menos graves, mas ó menos agudos (670).

III.° ¿Pero como y por que mecanismo produce la Glotis el Sonido? ¿Es acaso por un latido alternativo y recíproco de las partes que la forman, que se podria imaginar ſemejante al de las dos lengüetitas que forman la caña de un Oboe ó de un Bajon? ¿O es por un simple temblor cauſado en un hacecillo de fibras mas ó menos tirantes al rededor de ella, el qual ſea propio para dar Tonos otro tanto mas graves ó agudos, quanta mayor ó menor longitud tengan eſtas fibras ſusceptibles de diferentes grados de tension?

Casi todos los Físicos eran de parecer que el Sonido se produce por el latido alternativo de las dos ſemielipſes de la Glotis una contra otra; pero M. Ferrein ha hecho deſvanecer eſta opinion. Eſte ingenioso Físico obſervó que el contorno elíptico de la Glotis K eſtá formado de un hacecillo de fibras ſusceptibles de diferente ten-

tension. De aqui sospechó que el ayre expelido de los pulmones imprimia á estas fibras un temblor mas ó menos freqüente y rápido segun sus diferentes grados de tension, sin ocasionar latido alguno alternativo entre las dos semi-elipses de la Glotis. Esto no era mas que una sospecha, pero la experiencia lo convirtió en certidumbre de este modo.

Tomó la Trachea-arteria de un Hombre que acababa de morir, y con un fuelle hizo pasar el ayre de la Trachea-arteria á la Glotis. Con solo esto vió á la Glotis producir el Sonido sin latido alguno de sus partes ó de sus semi-elipses una contra otra. De esto se sigue que se debe mirar el órgano de la Voz como un instrumento á un mismo tiempo de viento y de cuerdas.

IV.° El Sonido formado por el temblor de las fibras que forman la Glotis se modifica y perfecciona en la Concavidad de la boca por la inflexîon de la lengua y el movimiento de los labios. La concavidad de la boca es respecto de las fibras de la Glotis lo que la caxa de un violin es respecto de las cuerdas que estan sobre ella. Ella hace el Sonido mas sensible, mas fuerte y mas harmonioso.

El movimiento de la lengua y de los labios dividiendo convenientemente el Sonido continuo de la Glotis le transforma en articulaciones ó en Voz humana. El orificio de la Nariz dando paso al ayre sonoro de la boca contribuye tambien mucho á la suavidad de la voz. Quando este orificio está tapado se da un tono nasal que disgusta, de modo que lo que se llama *hablar por las narices* es propiamente una contradiccion física.

Los Papagayos cuya lengua es capaz de algunos movimientos bastante semejantes á los de la lengua del hombre no pronuncian *Sonidos articulados* sino porque las inflexîones de su lengua pueden dividir convenientemente los sonidos formados por su Glotis. Y los mas de los Animales no son capaces de articular porque su lengua y su boca no tienen un movimiento bastante suelto para executar de un modo conveniente ésta division de sonidos.

Los Mudos no pueden hablar aunque por lo co-

mun dan gritos, porque su lengua ligada ó mal configurada no es apropósito para dividir y modificar convenientemente eſtos gritos.

EL ORGANO DEL OIDO.

685. DESCRIPCION. El *Oido del hombre* se compone de muchas partes principales que ſon el ala, la concha, el conducto auditivo, el tímpano, la caxa del tambor, el laberinto, el caracol y el nervio auditivo (*Fig.* 84).

I.° El *Ala de la oreja* es la parte ſaliente y visible A B, que como es hueca sirve para diſponer el ſonido á introducirse fácilmente en la concha y el conducto auditivo.

Cuidando la Naturaleza de lo útil en la produccion de eſta pequeña parte de nueſtro cuerpo no se ha olvidado de lo agradable. Las orejas terminan gracioſamente la cara de una parte y de otra, y tienen ſus gracias naturales sin el auxîlio de eſtas brillantes Pedrerías que cuelga de ellas el luxo, y que por lo comun valen mas que las Perſonas que las llevan.

II.° La *Concha* es eſta cavidad visible A C B que forma la ala de la oreja al rape de la cabeza, y que eſtá situada delante del Conducto auditivo C D.

III.° El *Conducto auditivo* C D es un canal cartilaginoso que ſale de la concha, y termina en el tímpano. Eſtá cubierto en toda su extension de una túnica delgada que viene de la piel, y se continúa haſta ſobre la membrana del tímpano.

IV.° El *Tímpano* es una membrana delgada, ſeca, transparente, cóncava del lado del Conducto auditivo, y convexâ del lado interno del oido.

Un Físico Ingles agujereó de ambos lados el tímpano de un Perro. Eſte animal oia muy bien á peſar de haber perdido eſta membrana en ambos oidos; pero el mas pequeño ruido le cauſaba dolor. De eſta experiencia se infiere que el Tímpano no es el órgano principal y eſencial del oido.

V.° La *Caxa del Tambor* es una cavidad D E F R

llena de ayre. Esta cavidad comunica con la boca por un canal F *f* que se llama *Canal de Eustaquio*: de modo que comunicando siempre el ayre del Tambor con el ayre exterior mediante éste canal, está siempre en equilibrio con el ayre que llena el Conducto auditivo. El ayre del Tambor no tiene comunicacion alguna inmediata con el del Conducto auditivo, porque el Tímpano no tiene orificio alguno por donde se pueda verificar esta comunicacion.

En la Caxa del Tambor se hallan quatro Huesecillos á quienes por su figura se les llama el *Hueso orbicular* 1: el *Estrivo* 2: la *Yunque* 3: *el Mazo ó Martillo* 4. Una parte de éste que se llama el *Mango* termina en el centro del Tímpano, y sirve de tirar de él mas ó menos hácia dentro; no se sabe que destino tienen los demas huesos.

VI.° El *Laberinto* es una cavidad de figura irregular situada detras de la Caxa del Tambor en la parte mas interior del oido.

Esta cavidad comprehende primero el *Vestíbulo* G, despues los tres *Conductos semi-circulares* H I K, y en fin el orificio *r* del caracol *r* L.

VII.° El *Caracol* es un cono un poco truncado M N X, rodeado de un Conducto *a b c d e* que al modo de un paso de rosca hace casi dos espiras y media al rededor de este cono. Como este conducto *a b c d e* es el principal órgano del oido, conviene dar de él una descripcion mas circunstanciada (*Fig.* 85.).

Este Conducto *a b c d m n* que va estrechándose en forma de cono desde la base M N hasta el remate *x* está dividido por el medio en toda su longitud en dos canales bien separados por medio de una especie de tabique membranoso.

Las fibras de esta especie de tabique que se llama *Lámina espiral* nacen del exe V X del Caracol, y van á salir fuera en medio del Conducto espiral á quien divide, al modo que los radios de un circulo parten del círculo á la circunferencia.

Quando se exâmina la longitud de eftas fibras que forman la Lámina efpiral, se echa de ver que efta longitud se difminuye defde la bafe hafta el remate del Caracol M N X. De modo que efta membrana prolongada hafta el exe del Caracol es como una Faxa triangular compuefta de un conjunto innumerable de cuerdecitas tirantes de diferente gruefo y longitud, como fon las de un clave.

Efte Conducto dividido en dos canales por la Lámina efpiral, ó por la membrana de que vamos hablando tiene dos orificios feparados, uno de los quales va á dar al veftíbulo del Laberinto, y el otro á la caxa del Tambor.

VIII.° El *Nervio auditivo* r O es un hacecillo de fibras dividido en muchas ramas que nace del Celebro en donde eftá la fede del Alma, y se efparce por todas las partes del Laberinto (*Fig.* 84).

Es verosímil que cada fibra del Nervio auditivo remata en una fibra análoga de la Lámina efpiral para recibir de efte modo el temblor ocasionado en el ayre por el cuerpo fonoro, y tranfmitirle á la fede del Alma (*Met.* 717).

APLICACION GENERAL DE ESTA TEORIA.

686. RESULTADO. He aquí en breve como y porque mecanismo físico se executa la *Percepcion de los diferentes Sonidos.*

I.° El *Cuerpo sonoro* imprime fus vibraciones á las moléculas aereas de igual vibratilidad, las quales se eftienden en columna ó cono desde el punto fonoro hafta el oido (*Fig.* 84).

II.° La Oreja hueca A B C corresponde á una gran quantidad de *Moléculas temblantes* cuyo temblor hace reconcentrar en la mafa descreciente de ayre C D que termina en el Tímpano que eftá bien tirante.

III.° El Temblor del ayre exterior que da en el Tímpano comunica su temblor al ayre análogo encerrado

en la caxa del Tambor, y esta especie de ayre que tiembla en la caxa del Tambor E F R hace temblar del mismo modo que ella á *la fibra de la Lámina espiral* que está en unísono con ella sin comunicar su temblor á las demas fibras mas largas ó mas cortas de la misma Lámina que no estan con ella en unísono (672).

IV.° El temblor particular y distinto de tal fibra de la Lámina espiral L *r* se comunica á alguna *fibra análoga y correspondiente* del Nervio auditivo; la qual yendo á parar á la sede del Alma la ocasiona la sensacion de tal Sonido.

V.° Quando se hacen á un tiempo *muchos Sonidos diferentes*, muchas especies de ayre tienen su temblor particular fuera del oido y en el oido, lo que ocasiona el temblor simultáneo de diferentes fibras análogas de la Lámina espiral. De aqui la percepcion simultanea de diferentes Tonos.

687. NOTA. I.° Las personas de edad avanzada tienen por lo comun el oido duro y difícil. Este vicio puede provenir de que el Tímpano está ya ó demasiado floxo, ó demasiado tirante. En qualquiera de estos dos casos es necesario que las vibraciones del ayre sean muy fuertes para que puedan imprimir un temblor sensible á esta membrana.

Se han imaginado con buen suceso para esta clase de Personas *Trompetillas acústicas* propias para conducir una gran cantidad de Columnas sonoras á su oido. Por este medio todas las columnas aereas que terminan en la capacidad mas ancha de la Trompetilla son dirigidas á su Oido, y el tímpano afectado por una gran cantidad de columnas temblantes recibe de este modo una impresion mas fuerte y mas sensible.

II.° Hay segun dicen, personas que oyen muy distintamente ciertos sonidos, por exemplo *ut*, y no ciertos otros por exemplo *la*, aunque estos últimos sean tan sensibles ó aun mas que los primeros. Esta rara singuaridad si es efectiva puede provenir del vicio de cieras fibras de la Lámina espiral.

Supongamos que en la Lámina espiral la fibra que está en unísono con *ut* está bien constituida, y la que está en unísono con *la* está obstruida ú osificada. En este caso la primera temblará y dará la percepcion del tono *ut*, y la segunda no podrá temblar, y de consiguiente no dará la percepcion del tono *la*.

III.° La Sordera puede provenir ó de varias obstrucciones que impiden la comunicacion del conducto auditivo con el tímpano, del tambor con el laberinto, ó del laberinto con el caracol; ó de varios vicios en la lámina espiral ó en el nervio auditivo, pues éstos órganos pueden ó afloxarse enteramente, ú osificarse, ó alterarse y destruirse de mil modos (*Fig.* 84).

IV.° Se ve á veces á las *Personas que tienen dificultad en oir* abrir la boca para oir mejor. La razon es porque las vibraciones del ayre exterior que transmite el sonido pueden comunicarse al ayre del Tambor de dos modos ó por dos partes; á saber por el conducto auditivo C D que remata en el Tímpano, y por el Canal de Eustaquio F *f* por donde el ayre del Tambor comunica con el ayre de la boca.

Quando la boca está abierta, la impresion del Sonido afecta mas fácil y sensiblemente el ayre contenido en este Canal y en la caxa del Tambor. De aquí un temblor mas fuerte en el ayre del Tambor análogo al sonido actual; un temblor mas fuerte en la fibra de la Lámina espiral análoga á la especie de ayre que tiembla en el oido, y de consiguiente un temblor mas fuerte en la fibra del Nervio auditivo que termina en la sede del Alma y la ocasiona la percepcion espiritual del Sonido material, por el que son actualmente afectados los órganos del Cuerpo á quien preside.

Tal es en pocas palabras el admirable mecanismo mediante el qual se executa la percepcion del Sonido.

ELEMENTOS DE FISICA

TRATADO NONO.

TEORIA DE LA LUZ.

En este interesante Tratado vamos á hablar de la naturaleza de la Luz, de la diversidad de los Colores, de las Leyes de la propagacion de la Luz fuera del ojo, y de sus Fenómenos en el mismo ojo.

SECCION PRIMERA.

Naturaleza de la Luz.

688. Descripcion I. La *Luz* es este flúido sutil y brillante que dando en nuestros ojos retrata en ellos los objetos sensibles pintando sus figuras, situaciones y colores.

I.° *La Luz es una sustancia distinta así del órgano que ve, como del objeto que es visto*; pues que no es otra cosa que el medio de comunicacion mediante el qual el ojo toca á los objetos separados de él, y sin el qual no puede absolutamente tocarlos.

II.° *La Luz es una verdadera materia; un verdadero cuerpo*; pues que tiene por propiedad el movimiento, el qual resulta necesariamente de una masa por una velocidad, y no puede convenir sino á una verdadera ma-

teria. Otra prueba evidente y demostrativa de que la Luz es una verdadera sustancia material es el que podemos aumentar, disminuir, reflectir y refractar segun queremos su movimiento; lo que no podriamos hacer sino fuese verdadera materia, pues sola la materia puede afectar nuestros sentidos y prestarse á nuestras experiencias:

Tangere enim et tangi, nisi corpus, nulla potest res.

Por esto se ve quan absurda y contraria á la razon es la opinion de algunos Filósofos de ideas extravagantes paradoxales, que han querido hacer á la Luz una sustancia media entre la materia y el espíritu.

689. NOTA. ¿La Luz que en un bello dia parece que llena ó inunda la inmensidad de los Cielos, y en una noche hermosa se esparce en millares de hacecillos desde nuestro ojo á todos los puntos radiantes del firmamento es un flúido constantemente exîstente en la Naturaleza, y que para brillar no tiene necesidad de mas que de ser agitado y conmovido por el cuerpo luminoso? ¿O es un Flúido que con una emanacion continua es á cada instante arrojado del seno del cuerpo luminoso, por exemplo del seno del Sol y de las Estrellas? He aqui un gran motivo de disputa entre los Discípulos de Descartes y los de Newton, cuyos Sistemas opuestos tienen dividido el Mundo filosófico.

I.° Segun Descartes la Luz es un flúido que exîste fuera del Cuerpo luminoso, está esparcido dia y noche por toda la Naturaleza, llena los espacios inmensos que nos separan del Sol, los Planetas y las Estrellas, y consiste en los globitos duros é incompresibles de su segundo elemento (163).

II.° Segun Newton la Luz no es un flúido que exîsta fuera del Cuerpo luminoso, sino un torrente de partículas infinitamente pequeñas que el Cuerpo luminoso despide continuamente con una velocidad inconcevible, y que se esparcen en línea recta á distancias inmensas por los Espacios vacíos. El Cuerpo luminoso en esta sentencia es como un centro de esfera, y los chorros ó torrentes de luz son como sus radios.

Es-

Esta Hipótesis Newtoniana, si es que se puede dar este nombre á una teoría cierta é indudable supone en la Naturaleza un Vacío inmenso cuya exîstencia demostrarémos en otra parte (792 y 793).

Proposicion.

690. La *Luz es un flúido que emana del seno del Cuerpo luminoso.*

Demostracion. La teoría que adoptamos sobre el orígen de la Luz concuerda perfectamente así con las leyes de la Física como con los fenómenos de la Luz. Porque

1.° Concíbanse simplemente el Sol y las Estrellas como otros tantos hornos inmensos que arden con un fuego muy vivo y muy violento, y de ésta sola suposicion se verá derivar toda la teoría de la Luz.

Estos hornos ardientes despedirán de su seno una infinidad de torrentes divergentes de una materia muy sutil, que con un movimiento muy rápido caminará libremente y sin obstáculo en líneas rectas por los espacios inmensos. De aquí la *inconcevible Velocidad de la Luz*, y su movimiento en línea recta y en radios divergentes.

Estas partículas arrojadas por la fermentacion ó combustion fuera del cuerpo luminoso, y movidas en los espacios vacíos con una velocidad como infinita son perfectamente elásticas por su naturaleza, y encuentran á veces con sustancias por las que no pueden penetrar; deben pues reflexar. De aquí la *Reflexîon de la Luz* al dar en un cuerpo impenetrable.

Estas mismas partículas encuentran á veces obliqüamente en su camino cuerpos penetrables que resisten mas ó ménos á su direccion primitiva; deben pues torcer su movimiento y mudar de direccion. De aquí la *Refraccion de la Luz* quando pasa obliqüamente de un Medio á otro mas ó menos accesible, mas ó ménos penetrable para ella (399 y 408).

II.° El modo que tenemos de excitar el Fuego y la Luz concuerda baſtante bien con la idea que acabamos de formarnos del Sol y las Eſtrellas. Una vela no luce sino disipando hácia todas partes su ſuſtancia; una tea pueſta al fuego no produce la Luz sino conſumiéndoſe y dividiéndoſe en moléculas de una pequeñez inconcevible, que la accion del fuego esparce por todas partes.

Luego la teoría que adoptamos ſobre el orígen y difusion de la Luz es sin duda el verdadero siſtema de la Naturaleza. L. Q. P. D.

OBJECCIONES Y RESPUESTAS.

691. OBJECION I. Si la *Luz del Sol* por exemplo, fuera una ſuſtancia emanada del ſeno de eſte Aſtro, hace ya mucho tiempo que la ſuſtancia del Sol deberia haberſe disipado y agotado enteramente. ¡Porque qué enormes arroyos de materia luminoſa no ſeria neceſario que ſalieſen de él continuamente para que pudieſen iluminar y llenar los espacios inmenſos que le ſeparan por todas partes de las Eſtrellas, y de los que en cada punto se hace ſentir la Luz sin duda alguna!

RESPUESTA. Eſta objecion aterra mas á la Imaginacion que á la Razon; procuraremos tranquilizar á una y otra haciendo ver que éſta emanacion continua de materia luminoſa no debe disminuir ſensiblemente el Sol, que por una parte pierde ménos de lo que se imagina, y por otra recobra con corta diferiencia otro tanto como pierde.

1.° *El Sol puede despedir la Luz de su seno sin perder mucho de su sustancia*; porque como la Materia eſtá dividida mucho mas de lo que nueſtra imaginacion puede concebir, y como ademas es divisible al infinito, es claro que se puede con toda ſeguridad ſuponer la mas pequeña *porcion sensible de materia*, por exemplo una quantidad igual á un pequeñísimo grano de arena dividida en otras tantas y aun mas partes como puntos ſensibles hay en el espacio inmenſo de los Cielos (20, 60 y 61).

Supongamos pues dividida en estos términos la *Materia luminosa* que arroja el Sol. Fácilmente concebirémos como una quantidad muy pequeña de la sustancia solar puede por una emanacion continua supeditar y distribuir la Luz durante un tiempo considerable á todos los puntos sensibles de todo el espacio que media entre el Sol y las Estrellas.

Si un pequeño *grano de admizcle* puede exâlar de su seno durante mas de veinte años torrentes continuos de corpúsculos olorosos, sin que su peso ni su masa se disminuyan sensiblemente (33); ¿porque la masa enorme del Sol como un millon de veces mayor que la de nuestro Globo no podrá tener una emanacion semejante sin que se perciba en ella disminucion alguna?

II.° *El Sol debe adquirir con corta diferiencia otra tanta sustancia luminosa como pierde.* Llamemos Turbillon ó Sistema Solar al espacio que media entre el Sol y las Estrellas, en el que hacen sus revoluciones los Planetas y Cometas.

En primer lugar siendo las *Estrellas* luminosas como el Sol, arrojan á el Turbillon solar otra tanta luz con corta diferiencia como el Sol arroja á sus Turbillones: este comercio, este trueque de materia luminosa ya se ve que no debe disminuir al Sol.

En segundo mucha parte de la Luz que el *Sol* esparce por su Turbillon, y que no sale de él vuelve á caer en el Sol adonde la lleva su atraccion ó gravitacion hácia este Astro luego que se acaba ó destruye su movimiento de proyeccion.

Así aun quando supongamos que es bastante considerable la *quantidad de Materia* que sale continuamente del Sol, ésta pérdida sin cesar reparada no deberia disminuirle; al modo que los vapores y exâlaciones que salen continuamente de la Tierra no disminuyen sensiblemente su masa porque vuelven otra vez á ella ó en su misma naturaleza, ó en sustancias equivalentes.

III.° No nos debemos imaginar el ardimiento del Sol como el de los Cuerpos combustibles que vemos consumirse por el fuego.

Una *Vela que me alumbra* consume y disipa toda su sustancia en seis ó siete horas, pero no toda su sustancia se convierte en luz. Mucha parte de ella se resuelve en vapor y en humo. Otra y muy considerable en ayre; y otra en fin en carbon y cenizas. Si la sustancia de esta vela se dividiese en cien mil millones de partes, la porcion realmente luminosa de ella, la porcion realmente destinada y empleada en alumbrar no equivaldria acaso á una de estas pequeñísimas partes.

Pero la *Sustancia Solar*, á lo ménos la que la fermentacion intestina arroja en torrentes luminosos hasta nosotros no tiene ayre, vapores ni cenizas que se disipen fuera del seno de este astro, y puedan disminuirle sensiblemente. Si en el abrasamiento del Sol hay algunas sustancias crasas semejantes á las del fuego terrestre que se exâlen de este astro; estas sustancias divididas y consumidas vuelven en fuerza de su pesantez á caer en el seno del Sol, al modo que las lavas y cenizas de un Volcan vuelven á caer hácia el centro de la tierra no léjos del volcan que las arroja y disipa por los ayres.

692. OBJECION II. De la teoría que adoptamos sobre el origen de la Luz se sigue un absurdo palpable: á saber que mas allá de las Estrellas mas distantes de nosotros y fuera de los límites del Mundo exîstente que es necesariamente finito en el Espacio infinito, debe haber una *verdadera Materia*, la Materia de la luz. (*Met.* 245 y 668)

Lo demuestro: Segun la teoría del Movimiento todo Cuerpo conserva su velocidad y direccion hasta que alguna causa ocasione en él alguna mudanza en una ú otra (307). Es asi que la Materia luminosa arrojada en los Vacios inmensos no encuentra en ellos causa alguna capaz de mudar su velocidad ó direccion: luego toda esta inmensa porcion de materia luminosa que despiden de sí el Sol ó una Estrella, y que no encuentra en su camino con Planeta, Cometa, ni Estrella alguna, debe moverse constantemente segun su direccion y velocidad

primitivas, y apartarse al infinito de su fuente en los espacios infinitos por toda la infinita duracion de los tiempos.

Respuesta. Es fácil asignar la causa que debe impedir á la Luz del Sol y las Estrellas que se vaya á perder en los espacios infinitos mas allá de los límites del Mundo. Esta causa es la *Gravitacion general de la Materia* hácia ciertos centros.

I.° La Luz como qualquiera otra materia tiene una gravitacion real en virtud de la qual tira hácia el centro del Sol, de alguna Estrella, de algun Planeta ó Cometa, segun que es atraida de mas cerca y con mas fuerza por alguno de estos cuerpos.

II.° La *Luz del Sol* por exemplo, aunque sale de este astro con una velocidad inconcevible, tiene siempre en sí misma una causa que debe retardar continuamente cada vez mas, y destruye en fin enteramente su movimiento de impulsion aun en el seno mismo de un Vacío perfecto. Esta es su gravitacion permanente hácia el Sol, la qual oponiéndose continuamente á su movimiento de impulsion debe destruirle en fin en sus moléculas, asi como la gravitacion de una *bala de fusil* á quien el impulso de la pólvora encendida arroja hácia el Zenit destruiria poco á poco, y en fin enteramente su movimiento vertical, aun quando el Ayre no la opusiera resistencia alguna (376 y 808).

III.° De aqui resulta que la Luz del Sol ó de las Estrellas arrojada mas allá de los límites del mundo debe en virtud de su gravitacion que destruye poco á poco su movimiento primitivo volver en fin sobre sí misma y caminar hacia el Astro opaco ó luminoso que estuviere mas cerca de su ruta, y que exerciere contra ella una Atraccion activa mas fuerte y poderosa.

Se ve por todo lo que acabamos de decir sobre este objeto quan bien concuerda la teoría que adoptamos sobre el *orígen de la Luz* con la mas sencilla teoría del movimiento; lo qual está muy léjos de convenir á la fabulosa hipótesis que impugnamos, y que hace de la

Luz un Flúido tranquilamente esparcido al rededor del Cuerpo luminoso y por toda la inmensidad de la Naturaleza.

693. OBJECCION III. En la Teoría que adoptamos, los chorros ó torrentes de Luz que despiden hácia todas partes de su seno muchos cuerpos luminosos deberian turbarse y confundirse cruzándose de mil modos. Porque sean quatro velas por exemplo, que arden á los quatro rincones de una sala: no consideremos aquí mas que dos (*Fig.* 111).

Como los Cuerpos luminosos esparcen por todas partes su luz en línea recta, es claro que el rayo *a* A *a* despedido por la vela A debe ser detenido y turbado en su curso por el rayo opuesto *b* B *b* que despide la vela B. Si las fuerzas de estos rayos opuestos son iguales, se destruyen y no se debe ver ni una ni otra vela. Si son desiguales solo se debe ver aquella vela cuya luz es mas fuerte. Estas dos conseqüencias son enteramente opuestas á la experiencia.

RESPUESTA. Es un *Abuso bastante comun* en materia de Ciencias y que conviene advertir una vez por todas oponer al Sistema que se impugna unas dificultades que le son comunes con el Sistema que se quiere ó que no se puede menos de adoptar.

La dificultad propuesta es de esta especie. Es inevitablemente comun á qualquier Sistema que se quiera seguir sobre la naturaleza y propagacion de la luz, porque es evidente que la Luz no puede menos de ser ó un flúido que emana del seno del cuerpo luminoso, ó un flúido preexîstente al rededor del cuerpo luminoso y puesto en movimiento por su accion. No hay seguramente medio alguno entre estos dos partidos. ¿Y quien no ve que la dificultad que se objeta tiene igual fuerza, sea que los rayos *a* A *a*, *b* B *b*, A R, B R brillen por presion, sea que brillen por emanacion?

I.° Los que sostienen que la Luz se produce *por presion*, responden que las velas A y B exercen su accion impulsiva sobre diferentes filas de globitos, quienes á

causa de su infinita pequeñez se mueven ó tiran á moverse ſeparadamente unos al lado de otros sin turbar su accion reſpectiva. ¿Pero que eſta reſpueſta se puede conciliar con la ſuposicion del Lleno, y con la idea del flúido que forma eſte Lleno mas ó menos perfecto?

II.° Los que pretenden y demueſtran que la Luz se produce *por emanacion*, reſponden que siendo de una pequeñez infinita las moléculas deſpedidas por las dos velas A y B hallan fácilmente en los vacíos del eſpacio en que ſon arrojadas *senderos libres* en los que no es interrumpido su curso, y que si algunas moléculas se encuentran por acaso en su curso opueſto reflexarán ſegun las Leyes de los cuerpos eláſticos, sin que con todo hagan en el ojo en que terminen deſpues del choque una impresion baſtante ſensible para pintar en él la luz de la vela, á causa de que no llegarán á él, ni en quantidad ſuficiente, ni en el órden que convendria para que produxeſen eſte efecto.

Si mil velas ardieſen á un tiempo en un gran ſalon, un ſolo y miſmo ojo podria verlas todas á un tiempo, porque los chorros luminoſos que cada una deſpide hallan en los vacíos del eſpacio D ó R en que se cruzan ſenderos libres por donde pueden paſar en quantidad ſuficiente para afectar ſensiblemente un miſmo ojo, y pintar en él la imágen del cuerpo que las produce y deſpide.

Igualmente la *Luz reflexada* no turba el movimiento de la Luz directa, porque una y otra hallan en los vacíos del eſpacio en que se mueven ſenderos aparte por donde ſus moléculas de una velocidad inconcevible hallan libre paſo. Por viva que ſea la Luz en un eſpacio R la ſuma de todas ſus moléculas reunidas en una ſola y miſma maſa no ocuparia sin duda le centésima milésima millonésima parte del eſpacio en que se mueve. ¿Que de admirar es pues, que eſtas moléculas se crucen y muevan en eſte eſpacio sin turbar ſensiblemente su curſo reſpectivo?

III.° Eſta dificultad léjos de oponerse á la teoría que

damos ſobre el orígen y propagacion de la Luz se convierte en prueba que la apoya y conſolida; porque resolviéndose de un modo ſatisfactorio en la hipótesis del Vacío es enteramente indiſoluble en la del Lleno, y así acaba de echar por tierra la única hipótesis que se podria querer ſuſtituirla.

Unos dicen que conciben mas fácilmente la Luz en la hipótesis de Deſcartes; otros que la conciben mejor en la de Newton; y así lo que debemos hacer es exâminar qual de eſtos dos modos de concebir la Luz es conforme á la Naturáleza, la qual no siempre hace las coſas del modo que noſotros las concebimos mas fácilmente. Aora pues toda la teoría de la Luz, toda la del Movimiento y toda la de la Aſtronomia física se opone á la hipótesis de Deſcartes; luego eſta hipótesis no concuerda en nada con la naturaleza de la Luz.

SECCION SEGUNDA.

Diversidad de los Colores.

694. Observacion. Se debe diſtinguir bien la ſenſacion de los Colores de la cauſa que los produce ú ocasiona.

I.° La *Senſacion de los Colores* considerada en el alma es una modificacion del alma miſma, y de consiguiente una modificacion eſpiritual cuya naturaleza no se aſemeja en nada al aſpecto colorado que tiene por término y objeto fuera del alma.

II.° Eſta Senſacion mental de los colores es producida ú ocasionada por dos cauſas de las quales la una *es intrínseca al hombre*; á ſaber la impresion hecha en la retina del ojo; y la otra es *extrínseca al hombre*: á ſaber la materia ó diſposicion de la materia que produce ú ocasiona eſta impresion en el órgano de la viſta.

Solo tratamos aqui de la *Causa extrínseca de los Co-*

Colores, ó de la materia que ocasiona en nosotros su sensacion.

695. OBSERVACION II. Todos los Físicos convienen en que la causa extrínseca que nos hace sentir los Colores es la materia misma de la Luz, pero difieren en la explicacion que dan de la naturaleza y accion de la Luz sobre el ojo.

I.° Segun Descartes la Luz es toda homogénea, compuesta de partículas semejantes así en naturaleza como en masa y figura. Pero este *Flúido homogéneo* puede recibir vibraciones diferentes de parte del cuerpo luminoso, ó de parte del cuerpo que le agita y le conmueve (*Fig.* 74).

Una *cierta especie de vibracion* excitada en el flúido luminoso produce segun él en el ojo una impresion que hace nacer en el alma la sensacion de un color, por exemplo del verde. Otra especie de vibracion mas fuerte ó mas débil, ó eñ direccion diferente ocasiona al ojo otra impresion, y al alma otra sensacion, por exemplo de violado ó roxo. Otra tercera especie de vibracion en el flúido luminoso diferente de las dos precedentes dará al ojo y al alma la sensacion de un color diferente de los dos anteriores, y así de las demas.

II.° Segun Newton la Luz es un *flúido heterogéneo* compuesto de siete especies de moléculas diferentes entre sí en masa ó en figura, ó acaso en uno y otro, ó mas verosimilmente solo en masa (*Fig.* 104 y 107). Entre estas siete especies de moléculas que forman el cuerpo de la luz hay una A B que nunca ocasiona otra sensacion que la del roxo: otra C D que solo ocasiona la de pajizo: otra E F que solo produce la de azul: otra G H que solo da la de violado, y así de las demas.

Por exemplo la *Rosa* y la *Violeta* segun Descartes producen en el ojo dos impresiones muy diferentes, aunque una y otra envien al ojo la misma materia ó la misma especie de materia: porque la Luz aunque toda homogénea, toda compuesta de globitos de una misma naturaleza, de un mismo volúmen y de una misma figura

recibe al reflexar dando en la rosa una especie de movimiento y vibracion muy diferente del que recibe al reflexar dando en la violeta.

Segun Newton la Rosa y la Violeta producen en el ojo dos impresiones muy diferentes, porque envian á él dos diferentes especies de materia luminosa. Por exemplo la *Rosa* absuerve ó disipa todas las especies de moléculas luminosas á excepcion de las moléculas A B destinadas á producir la sensacion de roxo; y así solo estas envia al ojo, el qual de consiguiente recibe solo la sensacion de roxo. La *Violeta* absuerve ó disipa todas las especies de moléculas luminosas á excepcion de las moléculas G H destinadas á ocasionar la sensacion de violado, y así solo estas envia al ojo, el qual de consiguiente recibe solo la sensacion de violado (*Fig.* 107).

III.° Ya se ve que se hubiera podido estar disputando eternamente en pro y en contra de estas dos Opiniones sin decidir nada, si la experiencia no hubiera venido al socorro de los raciocinios.

El gran Newton emprendió analizar y descomponer la Luz como la Chîmia descompone los cuerpos groseros; y el resultado de sus bellas experiencias parece que ha convertido su opinion en Verdad demostrada. He aquí en resumen el modo y la sustancia de sus experiencias y descubrimientos en este punto.

DESCOMPOSICION DE LA LUZ.

696. EXPERIENCIA. Sea una Sala que bañe el Sol, cuyas ventanas bien cerradas solo den paso á la Luz por un pequeño tubo de cosa de una pulgada de diámetro. Preséntese al rayo solar hácia H el ángulo de un Prisma grande de vidrio B C; se tendrán los efectos siguientes.

I.° El Rayo solar A H en vez de seguir su direccion primitiva A C H torcerá en C, se irá á pintar ensanchándose sobre un carton blanco M N, y presentará siete colores diferentes divididos en otros tantos

circulitos ſeparados. Eſtos siete colores se colocarán por el órden siguiente, empezando por los que se han apartado ménos de la direccion primitiva A C H del rayo ſolar, *roxo*, *anaranjado*; *pajizo*, *verde*, *azul*, *purpúreo*, *violado*.

II.° Si se agujerea el Carton M N por el medio de uno de eſtos circulitos colorados, por exemplo del circulito roxo R y se recibe el Rayo roxo ſolo y aparte en otro Priſma de vidrio D E, eſte Rayo torcerá nuevamente, y se irá á pintar enſanchándose ſobre otro carton F, pero no se verá ſobre eſte carton F mas que un ſolo color, el color roxo.

III.° Igualmente si se agujerea el Carton en otro qualquiera circulito colorado, por exemplo en el circulito violado V, el Rayo violado refractado y dividido en P por un Priſma, ó por veinte priſmas ſuccesivos no dará jamas mas que un color violado en G. Asimiſmo por qualquier número de Priſmas que se haga paſar el color verde no dará nunca mas que el color verde; y lo miſmo sucederá con los demás colores.

IV.° Aunque el Carton M N ſea todo él de un mismo color, por exemplo blanco, el punto en que caen los rayos roxos se pinta de roxo; el punto en que caen los rayos violados se pinta de *violado*; y así de los demas puntos.

Si en lugar de eſte Carton blanco se pone otro pajizo ó roxo, el punto de eſte nuevo carton en que cayeren los rayos verdes parecerá verde; y el punto en que cayeren los violados, violado.

V.° Si con un Vidrio convexô grande se recogen y reunen todos eſtos Rayos que eſtan divididos en circulitos colorados ſobre el carton M N, eſtos rayos de diverſos colores toman reuniéndose un color comun que es el blanco.

Si deſpues de reunidos se les refracta de nuevo con un Priſma, se vuelven á dividir como antes en diferentes colores, lo que no ſucede con una eſpecie ſola de rayos colorados; por exemplo con la *especie roxa*: pues

esta aunque se la reuna y refracte succesivamente quanto se quiera no da nunca mas que un color roxo en F, qualquiera que sea su densidad, y sea el que se quiera el objeto F sobre que cae.

De esta Experiencia se derivan varios Corolarios contra Descartes, Malebranche y todos aquellos que pretenden que *la Luz* consiste en una materia homogénea, y los *Colores* en las diferentes vibraciones de esta materia elástica ó no elástica. Expondrémos algunos de estos Corolarios.

LOS COLORES EN LOS RAYOS.

697. COROLARIO I. *La materia de la Luz es heterogénea* pues que sus moléculas pasando por un Prisma de vidrio C B padecen unas mas refraccion que otras, lo que no deberia suceder si todas las moléculas luminosas que componen el rayo A C fueran de la misma masa y figura (*Fig.* 104).

I.° Los *Rayos roxos* son siempre los que menos tuercen, los menos refractados, los que se apartan menos de la direccion primitiva y comun A C H, lo que debe provenir de que teniendo estos rayos mas masa y por lo mismo mas fuerza motriz resisten mas fuerte y eficazmente á la causa refractante C B.

II.° Por el contrario los *Rayos violados* son siempre los que mas tuercen, los mas refractados, sin duda porque siendo de una masa mas pequeña tiene menos fuerza motriz que los otros, y ceden mas fácilmente á la causa refractante C B.

III.° Por la misma razon *las demas especies de Rayos* tuercen y refractan otro tanto mas, quanta menos fuerza motriz tienen que oponer á la causa refractante C B.

Asi la masa de estas moléculas luminosas debe descrecer succesivamente desde la especie roxa hasta la violada en el órden que hemos observado en la experiencia precedente. Los rayos roxos deben ser los que tengan mas masa, y á estos deben seguir siempre descre-

ciendo los naranjados, los pajizos, los verdes, los azules, los purpúreos, los violados.

IV.° El mas pequeño rayo ó hilo de luz aunque tenga menos volúmen que el cabello mas delgado se descompone en *siete colores diferentes* igualmente que el rayo mas voluminoso de la experiencia precedente.

De donde se sigue que *todo Rayo sensible de luz emanado del Sol contiene siempre siete especies de moléculas*, que aunque unidas y mezcladas son entre sí diferentes en masa.

698. COROLARIO II. *La diferiencia de los Colores proviene de la diferiencia de los rayos y no de la de sus vibraciones*, pues qué una especie sola de rayos, por exemplo la especie roxa reunida y condensada con un vidrio convexô, refractada y dividida con un número qualquiera de prismas no pinta jamas sobre un carton blanco, verde, ó pajizo otro color que el roxo.

¿Porque estos *Rayos roxos* reunidos con un vidrio convexô, refractados con diferentes prismas y reflexados sobre diferentes objetos no adquiririan diferentes vibraciones como al pasar por el prisma B C? ¿Porque adquiriendo diferentes vibraciones no se esparcirian en diferentes colores semejantes á los que se pintan en el carton M N, si la diferiencia de los colores proviniera del diferente movimiento o de la diferente vibracion de los rayos, y no de la diferiencia de su naturaleza? (*Fig.* 104)

Un Observador moderno creyó haber pillado en error al gran Newton porque le pareció que habia descompuesto el Rayo roxo *r* F en diferentes colores. Pero fué él quien se engañó, y su engaño provino de que habia tomado el Rayo roxo mal deparado, mal analizado, y mezclado todavia con otros colores. Esta experiencia exîge hacerse con los mejores prismas y las mas cuidadosas precauciones, pero es segura; y el Abbate Nollet la ha hecho en Paris del mismo modo que Newton en Londres.

699. COROLARIO III. *No hay mas que siete especies de*

Colores primitivos en la Naturaleza, pues que la diferiencia de los colores consiste en la diferiencia de los rayos, y no hay mas que siete especies de Rayos diferentes.

700. COROLARIO IV. *Los colores primitivos son inalterables*, pues que reflexados ó refractados por qualquiera especie de cuerpos permanecen los mismos sin la mas leve mudanza.

Por exemplo sea una especie primitiva de Colores el *Rayo roxo* puro y solo. Este rayo roxo recibido en un carton ó en un paño blanco, ó negro, verde, ó pajizo se pinta siempre roxo, y aunque pase por un vidrio azul ó violado sale siempre roxo.

Lo mismo sucede con cada especie primitiva de Colores; cada una conserva su color primitivo sea el que quiera el cuerpo en que reflexa ó refracta.

701. COROLARIO V. *La diferiencia del Color en los Objetos sensibles proviene de la diferiencia de los Rayos que reflexan á nuestros ojos*, pues que los colores consisten en los rayos, y estos no pueden hacer su determinada impresion en nuestro ojo, y pintar en él el objeto en que reflexan á no ser que sean repercutidos por él. Por exemplo

I.° La *Escarlata* excita en nuestro ojo la sensacion de roxo, porque esta tela absuerve y retiene todas las especies de rayos, á excepcion de la roxa que reflecte y envia á nuestro ojo.

El *Azafran* se pinta en nuestro ojo baxo de un color pajizo, porque esta materia absuerve y retiene todas las especies de rayos menos la pajiza que reflexa y envia á nuestro ojo. Y lo mismo sucede respecto de los demas colores primitivos. (*Fig.* 104)

II.° El *Color blanco* es un conjunto y mezcla de todos los colores uniformemente reflexados. La azucena nos parece blanca porque esta flor reflexa y envia á nuestro ojo una quantidad igual de todas las siete especies de rayos. Así el blanco es un color compuesto, y el mas compuesto de todos los colores.

III.° El *Color negro* consiste en la ausencia á pri-

vacion de todos los colores. Una ſala en que brillen durante el dia todas las especies de colores me parece negra en una noche obscura, porque ni las paredes que la componen, ni los muebles que la adornan reflexan por la noche especie alguna de rayos que pueda afectar mis ojos. Un veſtido me parece negro por el dia porque su tela absuerve uniformemente una quantidad muy grande de todas las especies primitivas de rayos, y no reflexa á mi ojo mas que una quantidad muy pequeña pero casi igual de todas las especies de rayos, lo que hace que mi retina ſolo reciba una impresion muy débil ocasionada por la mezcla de todas las especies de rayos, y á la que eſtá afecta la ſenſacion de negro.

El color *Negro* es opueſto al *Blanco*, porque un objeto blanco reflexa uniformemente en quantidad muy considerable todas las especies de rayos; y por el contrario un objeto negro abſuerve uniformemente todas las especies de rayos que recibe, ó ſolo reflexa uniformemente una quantidad muy pequeña de cada especie.

IV.° La Mezcla y combinacion de *dos Colores primitivos* produce un tercer color que participa de los dos colores á quienes debe su orígen.

Por exemplo si reuniendo por medio de un Vidrio convexô ó de una lente el rayo roxo y el violado V, y analizados y bien depurados se les hace dar ſobre un mismo Punto mas ó menos extenſo de un Carton blanco, eſte punto del carton se pintará de un color que ni ſerá roxo ni violado, pero que tirará á violado y á roxo.

RAYOS EFICACES Y RAYOS INEFICACES.

702. OBSERVACION. Se pueden diſtinguir con algunos Físicos modernos rayos eficaces y rayos ineficaces en la Luz reflexada por los Objetos ſensibles.

I.° Los *Rayos eficaces* ſon aquellos que hacen en cada punto del ojo la *Impresion dominante*, eſto es la impresion que siendo mas ſensible anula en algun modo to-

das las impresiones mas débiles por las quales es tambien afectado el mismo punto del órgano de la vista.

II.° Los *Rayos ineficaces* son aquellos que hacen en el ojo una impresion real pero muy débil, y que viene á ser como nula á causa de la impresion mas fuerte y mas sensible que produce la especie dominante y mas abundante de rayos sobre un punto del órgano de la vista.

Por exemplo la *Escarlata* nos parece únicamente de color roxo aunque reflexe á nuestro ojo juntamente con los rayos roxos una quantidad bastante grande de rayos verdes, pajizos, violados y de las otras especies, porque los Rayos roxos cuya suma es incomparablemente mayor y mas activa hacen en nuestro ojo una impresion mayor, una impresion que domina en nosotros mas que la de las otras especies de rayos, y que absuerve la atencion de nuestra alma.

III.° Esta teoría de las *Sensaciones eficaces y dominantes* es sumamente conforme á la experiencia, porque todos saben que un ruido grande impele y anula la sensacion que produce en el Oido un sonido débil que se oiria muy claramente sino se hiciera al mismo tiempo otro algun sonido; y que un bayonetazo que recibe un Militar en una refriega le impide hacer atencion á una leve herida que recibe al mismo tiempo en alguna otra parte de su cuerpo.

Una *conmocion grande en el Alma* absuerve la atencion que prestaria en un estado tranquilo y sereno á otros objetos menos sensibles.

PROPOSICION.

703. *La causa de la diversidad de los Colores es la diversidad de los Rayos que despide de su seno el Cuerpo luminoso, y que reflecten mezclados ó divididos los Objetos sensibles.*

DEMOSTRACION. Esta Proposicion no es como se ve más que una consequencia y dependencia de lo que aca-ba-

bamos de obſervar y demoſtrar ſobre la naturaleza de los Rayos y Colores.

Conſta por lo que nos enſeña la experiencia de la descomposicion de la Luz, que ſus moléculas ſon heterogéneas, que una misma especie de rayos, por exemplo la *especie roxa* que eſtá mas ó que eſtá menos condenſada, mas ó menos dividida y esparcida, que eſtá agitada de eſte ó del otro movimiento no excita nunca mas que una misma ſenſacion en el ojo y en el alma, la ſenſacion de roxo, y que qualquiera especie de movimiento ó vibracion que se intente dar á la especie roxa ſea haciéndola refractar por medio de varios priſmas colorados ó no colorados, ſea haciéndola reflexar en diferentes cuerpos, jamas dexa de dar conſtante y únicamente la misma especie de color, el color roxo.

Se puede tambien ſegun lo que nos enſeña la misma experiencia decir lo mismo de cada una de las *siete especies diferentes de Rayos*, pues aunque se las haga refractar y reflexar de qualquier modo que ſea no dan nunca mas que su color primitivo, su color propio (696).

Luego es cierto y demoſtrado que *los Rayos salen colorados del seno del Cuerpo luminoso*, y que la cauſa de la diferiencia de los Colores que obſervamos en los Objetos ſensibles no es otra que la diversidad de los rayos que despide el cuerpo luminoſo, y que reflecten los objetos ſensibles. L. Q. P. D.

704. Corolario. Luego *la única teoría que se puede adoptar sobre los Colores es la de Newton*, pues que ſola ella se funda en la experiencia y es conforme á los fenómenos.

705. Nota. Aunque en nueſtra teoría consiſtan los Colores en los Rayos luminoſos no pretendemos atribuïr á eſtos rayos colorados qualidad alguna oculta, coſa alguna ſensible que se diſtinga de la materia y movimientò y que se asemeje mucho ó poco á las imágenes coloradas por las que es afectada nueſtra alma á la preſencia de los objetos.

I.° Eſtos Colores en los rayos luminoſos no ſon otra

cosa que la propiedad que estos tienen por su masa y velocidad de ocasionar en las fibras de nuestro ojo ciertas impresiones ó sensaciones orgánicas que llegan á ser la causa ocasional de las imágenes ó sensaciones que experimenta nuestra alma á la presencia de los objetos colorados, y que llamamos imágenes ó sensaciones de los colores.

II.° Teniendo los *Rayos roxos* igual velocidad y mayor masa que los anaranjados, es claro que los primeros deben producir en el ojo una impresion orgánica diferente de la que producirian los últimos: ¿Y que mas se necesita para que estas dos especies de rayos ocasionen al alma sensaciones interiores totalmente diferentes?

La impulsion mas fuerte hecha en el ojo por los rayos que tengan mas masa ocasionará al alma la sensacion interior ó mental de *roxo.* La impulsion un poco mas débil hecha en el ojo por los rayos que tengan un poco ménos masa, por los rayos anaranjados ocasionará al alma la sensacion de *anaranjado.* Y proporcionalmente á una impulsion mucho mas débil hecha por los rayos cuya masa es la menor de todas estará afecta la sensacion de *violado.* Si estas tres diferentes impulsiones é impresiones se hacen á un mismo tiempo sobre tres puntos separados de la retina, el alma tendrá á un tiempo las tres sensaciones de que acabamos de hablar.

III.° Así pues la *Sensacion de los diferentes Colores* de que nuestra alma es afectada no supone en los rayos ú objetos que los envian á nuestro ojo la exîstencia de alguna cosa semejante á las imágenes coloradas que hacen nacer en nuestra alma (190 y 694).

Objeciones y Respuestas.

706. Objecion I. ¿Si los *Rayos del Sol* son heterogéneos; si se diferencian en masa y refrangibilidad, como no se descomponen en sus siete Colores primitivos al pasar por nuestra Atmósfera en donde está demostrado que efectivamente se refractan?

Respuesta. Eſta objecion es comun á todos los Sistemas que se han inventado ſobre los Colores, y en todos ellos se la reſuelve fácilmente diciendo conforme á lo que nos acredita la experiencia, que no toda refraccion es ſuficiente para descomponer la Luz y dividirla en ſus diferentes especies de colores.

Para producir eſte efecto, para analizar y ſeparar ſensiblemente los colores de un rayo de Luz, es neceſario que eſte rayo padezca una Refraccion muy fuerte, una refraccion capaz de apartar notablemente unas de otras las diferentes especies de rayos; es neceſario que cada especie de rayos pueda despues de la refraccion ir á dar ſeparadamente á puntos baſtante diſtantes que la reflecten claramente y sin mezcla alguna á nuestro ojo. Tal es la refraccion que produce un Prisma de vidrio, y tal tambien la que producen los globitos de agua en una Nube en que contemplamos el arco Iris.

Pero aunque la Luz se refracte en una vidriera, en un baño de agua quieta, ó en la maſa del ayre que cubre la tierra, no padece una refraccion ſuficiente para que se descomponga ſensiblemente en ſus diferentes colores. Porque ſus rayos muy poco ſeparados unos de otros por una refraccion baſtante débil van á dar ſensiblemente á los mismos puntos de los Objetos, y de ellos reſaltan mezclados y confundidos ſensiblemente casi en los mismos términos que antes de la refraccion.

707. Objecion II. En la Teoría que adoptamos sobre la Luz y los Colores un prado nos parece verdegueante porque reflecte los rayos verdes y abſuerve los demas. Pero miremos eſte prado por un vidrio roxo; nos parecerá todo él roxo. Mirémosle por un vidrio pajizo ó violado; nos parecerá pajizo ó violado. ¿ Eſta experiencia conocida de todos no echa al parecer por tierra toda la teoría de Newton que adoptamos?

Respuesta. Eſta experiencia que parece á primera viſta tan decisiva y triunfante en favor del Siſtema Cartesiano se concilia fácilmente con la teoría de Newton, que eſtá acreditada y demoſtrada por las experiencias

mas ciertas. La Naturaleza no eſtá jamas en contradiccion consigo misma. Y así quando dos experiencias acerca de un mismo objeto parece que se oponen, es claro que una de las dos eſtá mal considerada, y que es neceſario ſometerlas ambas á un nuevo exâmen para descubrir en qual de las dos nos equivocamos.

I.° Conſta indudablemente por experiencias auténticas é infalibles, repetidas y verificadas en todas partes que deſpues de la refraccion por la que se deſcompone un rayo de luz en siete eſpecies diferentes, una eſpecie ſeparada de rayos, por exemplo la *especie verde* no da nunca mas que el color verde qualquiera que ſea el color del cuerpo que la refracta ó reflecte.

Luego los Rayos que reflecten al ojo un prado ó una arboleda no ſon simplemente la eſpecie verde, pura y sin mezcla de otros rayos roxos, violados, pajizos &c.

II.° Un prado y una arboleda viſtos sin vidrio alguno colorado nos parecen verdegueantes porque reflecten á nueſtro ojo una quantidad mucho mayor de rayos verdes que de rayos de otra eſpecie, aunque tambien reflecten una quantidad baſtante grande de rayos de las demas especies, roxos, pajizos, violados, purpúreos &c.

Así pues la eſpecie verde de rayos es la que hace en nueſtro ojo la *Impresion dominante*, y éſta hace nacer en nueſtra alma una ſenſacion relativa á la eſpecie de rayos que la excita, al paſo que la impresion hecha en el ojo por las eſpecies mas débiles queda como anulada, y como si no hubiese llegado á él (702).

III.° Quando se mira deſpues eſte prado ó arboleda por un *Vidrio colorado*, por un vidrio teñido de roxo por exemplo, no nos parecen ya verdegueantes, porque los rayos verdes que reflecten en quantidad siempre muy grande ſon abſorvidos ó disipados por el vidrio roxo que colocado delante del ojo les impide paſar á él, y hacer en él su impresion.

Eſte prado y arboleda nos parecen en eſte caſo de *color roxo*, porque ſola la pequeña porcion de rayos roxos que reflexa de ellos mezclada con una multitud

de rayos verdes, y una pequeña quantidad de los de las demas especies halla paso libre por entre los poros del vidrio roxo. Y así sola ella penetra en el ojo en donde hace la *Impresion dominante*, y produce una sensacion relativa á la especie de rayos que la ocasiona.

IV.° Así pues la solucion de la dificultad propuesta consiste únicamente en distinguir los *Colores puros y homogéneos de los Rayos*, de los colores heterogéneos y mezclados que reflectan los Objetos.

No hay objeto alguno en la Naturaleza que reflecta una sola y única especie de rayos, pero la especie notablemente predominante de rayos reflexados de un objeto, por exemplo de la escarlata es la que determina la sensacion del ojo, y el color que el alma atribuye á este objeto.

Mas este objeto reflecte tambien juntamente con la especie dominante de rayos, por exemplo de la especie roxa varios rayos de cada una de las demas especies. Y quando un *Vidrio colorado* colocado delante del ojo solo dexa pasar la especie de rayos análogos á su color, el ojo no percibe ni debe percibir este objeto sino baxo del color que tienen los rayos que le afectan, baxo del color violado si el vidrio es violado.

708. OBJECCION III. ¿A quien se podrá persuadir que la yerba de un prado absuerve todas las especies de rayos á excepcion de la especie verde que repercute; que un pedazo de escarlata absuerve todas las especies de rayos á excepcion de la especie roxa que reflecte en parte, y en parte transmite; que un ojo afectado de ictericia absuerve ó disipa todas las especies de rayos que tocan en él excepto la pajiza á quien dexa pasar libremente á su retina? ¿Como y porque mecanismo físico la yerba de un prado podrá descubrir y elegir entre las *siete especies mezcladas de rayos* que el Sol despide sobre ella la especie verde para reflectirla, y las otras seis para empaparlas y absorverlas? ¡Que insostenible sueño no es pues esta Teoría de Newton sobre la Luz y los Colores!

RESPUESTA. La *Posibilidad* de eftos fenómenos se perfuadirá facilmente á todo el que tenga las mas simples nociones de Física y Chîmia, de la diversa contextura de los Cuerpos, de la desigualdad y defemejanza de fus Poros, y de las diferentes Afinidades simples ó compueftas que pueden tener con tal y tal efpecie de rayos. Se perfuadirá aun la *Realidad* de eftos fenómenos á qualquiera que haya reflexîonado con alguna atencion fobre las famofas experiencias de la defcomposicion de la Luz, que nos enfeñan que una efpecie homogénea de rayos da á todos los objetos en que toca un mifmo color, su color propio (696).

Eftos fenómenos no deben admirar y chocar mas á un Físico que otros mil que todo el mundo conoce y nadie pone en duda. El Mecanifmo físico que aquí se impugna es muy verosimilmente un mecanifmo que depende en parte de la *diversa Contextura* de los Cuerpos, y en parte de la *diversa Afinidad* simple ó compuefta de ellos con tales y tales efpecies de rayos.

I.° ¿Porque el Agua abfuerve un trozo de Sal muy duro y pefado, al pafo que dexa intacto otro de cera muy blando y ligero? ¿Porque el Agua fuerte abfuerve una pieza de cobre ó plata, al pafo que no toca á una pieza de oro ó á un trozo de vidrio? ¿Porque una efpecie de tela atrae el rocío y se empapa en él, al pafo que otra efpecie de tela femejante le repele y no le abfuerve; y así de otros mil fenómenos físicos y chîmicos?

Es claro que todos eftos fenómenos fon á lo ménos en mucha parte una dependencia de las *Afinidades naturales* ó Atracciones especiales que tienen entre sí ciertas fuftancias, y no tienen ciertas otras (93, 136, 137).

II.° ¿Y que no se podrá fuponer con toda la verosimilitud posible que un Mecanifmo físico femejante á éfte produce á lo menos en parte los fenómenos de los Colores en los Cuerpos? ¿No es evidente que una diferiencia de contextura de poros, de afinidad puede hacer que un Prado reflecta la efpecie verde de rayos,

y que un pedazo de Escarlata la absuerva? Segun esta teoría evidentemente posible y muy verosimilmente real:

La *Yerba* absuerve en mucha parte todas las especies de rayos á excepcion de la verde, sea porque tiene una afinidad muy grande con las primeras y no tiene ninguna con la última, sea porque la contextura de sus partes y configuracion de sus poros exîgen que esto suceda así (198).

Un pedazo de *Escarlata* mediante las sustancias de que esta tela se ha impregnado en el tinte ha adquirido ademas de una nueva contextura una afinidad considerable con todas las especies de rayos á las que por tanto absuerve, y no con la especie roxa á quien de consiguiente no atrae sino que la dexa á su actividad natural.

Con todo la yerba y escarlata no absuerven todos los rayos cuya especie tiene una afinidad mas considerable con ellas, porque no teniendo *todos los Puntos* de la yerba y escarlata sobre que cae la Luz una naturaleza perfectamente semejante tampoco tienen una misma afinidad con estas especies de rayos, y por otra parte no todos los puntos de la yerba y escarlata tienen poros igualmente propios para absorver estos rayos. De lo que debe seguirse que parte de los rayos que tienen una afinidad mas considerable con la yerba ó escarlata no sean atraidos por estas sustancias, y reflexen en virtud de su elasticidad natural.

709. NOTA I. Un *Vidrio sin color* da paso indiferentemente á todas las especies de rayos, porque sus poros son igualmente accesibles á todas ellas.

Un *Vidrio teñido interiormente de roxo* mediante ciertas sustancias íntimamente unidas á sus moléculas vitrificadas adquiere poros mas fácilmente accesibles á los rayos roxos, y una afinidad considerable con todas las especies de rayos á excepcion de la roxa; y en virtud de esta Afinidad atrae y tira á absorver todos los rayos excepto los roxos á los que no atrae igualmente.

710. NOTA II. Una Persona que tenga *Ictericia* ve

pajizos todos los Objetos, ya sea porque el humor que inunda sus ojos y altera la constitucion de ellos no da paso á otra especie de rayos mas que á esta, ya sea porque este humor por su Afinidad simple ó compuesta absuerve todas las especies de rayos que despiden ó reflecten los objetos excepto los pajizos con los que no tiene afinidad; los quales penetran solos ó en mucho mayor número hasta la retina en donde hacen la impresion sensible y dominante.

Esta enfermedad causa en el que la tiene el mismo efecto que causaria un Vidrio pajizo continuamente puesto sobre sus ojos.

711. OBJECCION IV. La explicacion y respuesta que se acaban de dar á las dos objecciones precedentes parece que encierran principios contradictorios, porque sea un Vidrio colorado, por exemplo un *Vidrio roxo*. Si se pregunta porque este vidrio parece roxo, se responde que porque reflecte los rayos roxos y absuerve todos los demas. Y si despues se pregunta porque si se pone este vidrio delante los ojos se ven roxos todos los objetos, se responde que porque da paso á solos los rayos roxos y absuerve todos los demas. ¿ Repercutir los rayos roxos y dar paso á solo ellos no es una contradiccion palpable?

RESPUESTA. Repercutir todos los rayos roxos y dar paso á algunos rayos roxos en un mismo objeto seria una contradiccion manifiesta. Pero repercutir una porcion de rayos roxos y dar paso á otra porcion en un mismo Objeto es una cosa evidentemente muy posible.

Un Vidrio teñido interior y exteriormente de roxo absuerve ó disipa sin que sepamos bien porque y como todas las especies de Rayos excepto la de los *roxos*. En quanto á estos últimos reflecte una porcion por medio de sus partes sólidas, y admite otra por sus poros por donde pasan con libertad. Dando la porcion reflexada por este vidrio en un ojo que le mira, le hace ver baxo de un color roxo, y dando la porcion que pasa por sus poros en un ojo colocado detras de él pinta en este

ojo

ojo el objeto que la ha reflexado, y el vidrio que la ha dado paſo baxo de un color roxo.

712. Nota. Un *Vidrio roxo* viſto por un vidrio verde parece de color verde, porque como lo hemos dicho en la reſpueſta á la ſegunda objecion los objetos parecen á la viſta baxo del color de la eſpecie dominante de rayos que reflečten, y eſta eſpecie predominante eſtá siempre mezclada con una multitud de rayos de todas las demas eſpecies.

El Vidrio de que se trata *parece roxo* á la simple viſta porque la mayor quantidad de rayos que reflečte es de la eſpecie roxa. Viſto por un vidrio verde *parece de color verde*, porque los rayos roxos que reflečte en mayor abundancia ſon abſorvidos por el vidrio verde, el qual no dexa entrar en el ojo mas que los rayos verdes que mezclados y confundidos en pequeña quantidad con los roxos y los de las demas especies reflecten el vidrio roxo.

713. Objeccion V. La teoría que adoptamos ſobre la Luz y los Colores parece que no concuerda bien con lo que se dice en el Capitulo quarto del Génesis, á ſaber que *en el primer dia* crió Dios la Luz, y *en el quarto* crió el Sol y las Eſtrellas.

Pues ſegun eſte Paſage la Sagrada Eſcritura hace como Deſcartes una verdadera diſtincion entre la Luz y los Cuerpos luminoſos. Luego es falſo que la Luz ſea una emanacion del Cuerpo luminoſo. Luego es falso que los rayos ſalgan colorados del ſeno del Cuerpo luminoso.

Respuesta. I.° La Sagrada Eſcritura es el Oráculo mas infalible, pero eſte infalible Oraculo á veces mal interpretado y aplicado por la Ignorancia no tiene por objeto la Física cuyos conocimientos pertenecen enteramente á la Razon y á la Experiencia.

II.° No es muy difícil conciliar lo que dice el texto alegado del Génesis con la teoría que adoptamos ſobre la Luz. Asi como el Criador ſegun el Génesis dió á la Tierra la exîſtencia en el primer dia, y la fecundidad en

el tercero ; así tambien se puede decir que *en el primer dia* crió la materia de la Luz, pero que esta quedó sin accion, esparcida y confundida en el caos hasta el quarto, *en el que* la separó del caos, formó de ella el Sol y las Estrellas, y la dió la configuracion y movimientos necesarios para brillar.

La Tierra segun la Escritura misma no fué en el primer dia mas que un caos informe, y en el tercero la dió el Criador una forma, un movimiento, una accion que la hiciéron fecunda y viviente. Igualmente la Luz fué criada y empezó á exîstir *en el primer dia*; pero no fué convertida en cuerpos luminosos, no fué animada de un movimiento conveniente, ni empezo á brillar, ni á alumbrar al Universo hasta el *quarto dia.*

III.° La idea ó teoría de la Luz que adoptamos, léjos de ser opuesta á la Sagrada Escritura es muy conforme á lo que ella nos enseña. En el Eclesiástico se nos representa al Sol, esta obra maestra del Altisimo como un gran horno destinado á despedir incesantemente de su seno torrentes de rayos de fuego. *Fornacem custodiens in operibus ardoris, triplicitér Sol exurens montes, radios igneos exsuflans, et refulgens radiis suis obcæcat occulos.* Eccles. 43.

714. NOTA. Querer con algunos Físicos modernos formar la teoría de la Luz y los Colores uniendo los dos Sistemas de Descartes y de Newton es á mi parecer querer juntar cosas evidentemente incompatibles, querer conciliar la fábula con la verdad.

El *Espíritu de Conciliacion* es admirable en la Política y en la Sociedad, pero es comunmente muy absurdo en la Física (612).

SECCION TERCERA.

Leyes de la Propagacion de la Luz fuera del Ojo.

La Luz se mueve ſegun ciertas Reglas fixas é invariables que llamamos *Leyes de su propagacion*, y éſtas ſon las que tratamos aquí de determinar y comprobar conforme á las Obſervaciones experimentales.

Ley Primera.

715. *La Propagacion de la Luz es succesiva.*

Demostracion. El ſentido de eſta proposicion es, que la Luz gaſta un eſpacio de tiempo en ir deſde el Cuerpo que la produce ó la refleƈte haſta el ojo que recibe su impresion (*Fig.* 113).

I.° Conſta por las Obſervaciones aſtronómicas que Júpiter tiene cinco Satélites ó cinco Lunas que hacen ſus revoluciones al rededor de eſte Planeta del miſmo modo que la Luna hace las ſuyas al rededor de la Tierra á diferentes diſtancias de su centro. El Satélite mas cercano á Júpiter, su *primer Satélite*, el único que considerarémos por ahora, hace su revolucion al rededor de su Planeta en 42 horas y media poco mas ó ménos, y en cada revolucion padece un eclipse al paſar por la ſombra de Júpiter. De modo que siendo periódicos ſus eclipſes se ſabe el momento en que debe ſuceder su emersion ó su ſalida de la ſombra deſpues de cada eclipſe.

Eſto ſupueſto ſea S el Sol colocado en el centro de nueſtro Mundo Planetario; R T D V la órbita anual de la Tierra al rededor del Sol; Z I Y X la órbita de Júpiter al rededor del Sol; *m n r* la órbita del primer Satélite de Júpiter al rededor de su Planeta I; ſea tambien la Tierra colocada en T, y Júpiter en perigeo ó cerca de la Tierra en I.

Deſpues de cada revolucion de unas 42 horas y me-

dia, se ve al Satélite *n* ſalir de la ſombra I *n*; y si la Tierra permaneciese siempre en la miſma situacion y á la misma diſtancia reſpecto de Júpiter, las Emersiones del Satélite *n* ſucederian siempre invariablemente deſpues de cada periodo de unas 42 horas y media.

Pero como la Tierra gaſta en andar su órbita T D V R un año, y Júpiter como unos doce años en andar la ſuya mucho mayor I Y X Z; deſpues de haber eſtado la Tierra cercana á Júpiter en T se va alejando ſuccesivamente de él que corre con menos velocidad que ella. Y así Júpiter deſpues de haber eſtado en perigeo reſpecto de la Tierra se halla en fin en apogeo ó en su mayor diſtancia reſpecto de ella, quando estando Júpiter en I la Tierra se halla en V.

Ahora pues Casini, Romer, Halley y otros muchos Aſtrónomos han obſervado que las *Emersiones del Satélite* en vez de ſuceder siempre uniformemente al cabo de unas 42 horas y media se retardaban cada vez mas desde el tiempo en que Júpiter eſtaba en perigeo haſta el en que eſtaba en apogeo respecto de la Tierra. De modo que eſtas Emersiones que se verifican regularmente al cabo de 42 horas y media quando Júpiter eſta en I, y la Tierra en T no se verifican sino al cabo de 42 horas y media mas unos 14 minutos quando Júpiter eſtá en I, y la Tierra en V. He aquí pues unos 14 minutos de retardacion en eſtas emersiones suponiéndolas ſuccesivamente obſervadas desde la diſtancia T I, y desde la diſtancia V I. Segun las obſervaciones de los mismos Aſtrónomos, quando eſtando Júpiter en I la Tierra eſta en D, ſuceden ya las emersiones siete minutos mas tarde que ſucedian quando la Tierra eſtaba en T. Y quando eſtando Júpiter como le ſuponemos siempre en I, la Tierra eſta en R, las emersiones ſuceden siete minutos mas pronto que ſucedian quando la Tierra eſtaba en V.

De eſtas Obſervaciones aſtronómicas bien ciertas, bien conſtantes y que todas concuerdan en el fondo se infiere evidentemente que la propagacion de la Luz debe ſer ſuccesiva. Porque

En primer lugar *si la propagacion de la Luz fuera instantanea*, es evidente que el Rayo luminoso que reflecte el Satélite *n* asi que sale de la sombra I *n* se haria sentir en todas partes en un mismo instante y sin diferencia alguna de tiempo sin adelantar nunca ni retardar su vibracion y percusion, ó ya la Tierra estuviese en T cerca de Júpiter, ó ya estuviese en V léjos de Júpiter. Luego no se puede admitir ni sostener que la propagacion de la Luz sea instantanea.

En segundo *suponiendo que la propagacion de la Luz es succesiva*, es claro que el Rayo que da siempre en el Satélite *n* en el mismo instante en que sale de la sombra de su Planeta, necesita menos tiempo para ir de *n* á T que para ir de *n* á V. Luego suponiendo succesiva la propagacion de la Luz se dará una razon satisfactoria de un fenómeno astronómico que no se puede explicar de modo alguno en qualquiera hipótesis en que absurdamente se suponga instantanea la propagacion de la Luz. Luego la propagacion de la Luz es realmente succesiva.

II.° La propagacion succesiva de la Luz se comprueba tambien y demuestra por el fenómeno de la *Aberracion de las Fixas* (777); pues de este fenómeno se da facilmente razon en la hipotesis de que la Luz gaste un tiempo en venir desde las Estrellas hasta nosotros, y no se puede dar razon alguna suponiendo instantanea la propagacion de la Luz.

Luego por la observacion de los fenómenos está demostrado que la propagacion de la Luz es succesiva como la del Sonido, del Calor, de los Olores y de todos los Flúidos, lo que reconocen hoy todos los Astrónomos y Fisicos. L. Q. P. D.

716. Nota I. Como el Rayo luminoso *n* T V que reflecte el Satélite de Júpiter al salir de la sombra de este Planeta llega á V unos 14 ó 15 minutos mas tarde que á T, y el espacio T V tomado en la mayor anchura de la Eclíptica R T D V es igual á dos veces la distancia de la Tierra al Sol, se sigue que *la Luz tarda como*

siete minutos y medio en venir desde el Sol á la Tierra (Fig. 113).

I.° Suponemos aquí que la Luz sea directa, sea reflexada se mueve con una velocidad siempre sensiblemente uniforme, y no hay razon alguna que se oponga á esta suposicion.

Porque la Luz reflexada en fuerza de su elasticidad perfecta debe tener despues del choque la misma suma de movimiento que tenia antes de él. De consiguiente debe tener la misma velocidad.

II.° Suponemos tambien aquí que la línea T V representa sensiblemente el diámetro de la Eclíptica, ó la mayor línea recta que se puede tirar desde el centro del Sol S á los dos puntos opuestos de la Eclíptica R T D V.

III.° No todas las Observaciones astronómicas concuerdan perfectamente en punto á la quantidad fixa de la retardacion que se advierte en las Emersiones del Satélite desde el tiempo en que Júpiter está en perigeo hasta el en que está en apogeo.

Pero todas las observaciones concuerdan en que hay efectivamente en estas emersiones una *verdadera retardacion*, una retardacion bastante considerable, que crece cada vez mas desde el perigeo hasta el apogeo, y se disminuye despues en los mismos términos desde el apogeo hasta el perigeo.

Los mas de los Astrónomos han fixado esta retardacion en su mayor duracion á 14 ó 15 minutos lo que hace como unos 7 *ú* 8 por la mitad del espacio T V, la qual mitad es con corta diferencia igual á la distancia que hay entre la Tierra y el Sol.

IV.° Demostrado ya que la Luz tarda unos 7 minutos y medio, ó 450 segundos en andar el espacio que media entre el Sol y la Tierra, y siendo este espacio á lo ménos de unos 30,000,000 de leguas comunes: dividiendo 30, 000,000 por 450 se hallará que la Luz anda en un Segundo á lo menos unas 66,666 leguas comunes.

Esta *velocidad de la Luz* será de unas 75,555 leguas

por ſegundo si la Tierra diſta del Sol unos 34,000,000 de leguas comunes como se deduce de las últimas Obſervaciones aſtronómicas que se han hecho con motivo del paſo de Vénus por encima del Sol.

717. NOTA II. Suponiendo como se puede ſuponer con toda la verosimilitud posible que la Luz de las Estrellas se mueve con la misma velocidad que la del Sol, es claro que la inmenſa diſtancia á que eſtan las Eſtrellas exîge un tiempo muy largo para que los rayos que ſalen de su ſeno lleguen haſta noſotros.

Algunos Aſtrónomos han hallado por el cálculo que el rayo que traza actualmente en nueſtro ojo la *Estrella menos distante de la Tierra* debe haber ſalido de su ſeno hace ya mas de diez y seis ó diez y siete meſes. Si eſta Eſtrella fuera errante como los Planetas, la veriamos á veces al Oriente quando ella realmente eſtaria al Medio dia ó al Occidente, ó hácia el Nadir. Pero como eſtá siempre ſensiblemente fixa é inmóvil en un mismo punto del Cielo nos es indiferente que el rayo que nos la hace actualmente visible haya ſalido de ſu ſeno hace algunos minutos ó hace muchos años. Eſte rayo mas ó menos recientemente ſalido de ſu ſeno hace la misma impresion ſobre nueſtros ojos, y nos determina á referir la Eſtrella de donde ha emanado al mismo punto del Firmamento en que eſtá inmovilmente colocada.

LEY SEGUNDA.

718. *En un mismo medio la Luz despedida por un Cuerpo luminoso ó reflexada por un Cuerpo iluminado en rayos divergentes se mueve en línea recta.* (Fig. 102 *y* 109).

DEMOSTRACION. La experiencia nos da ſuficientemente á conocer que los Rayos deſpedidos por un punto luminoſo, ó reflexados por un punto iluminado imitan ſensiblemente con baſtante ſemejanza los *rayos divergentes de una Esfera* que tuvieſe por centro el punto radiante ó iluminado. Solo se trata aquí de demoſtrar

que estos rayos divergentes no se apartan de la línea recta.

I.° Póngase en una Sala bien cerrada sobre una mesa á una altura qualquiera una *Vela encendida* cuya luz se interceptará segun se quiera por medio de un carton M N colocado entre el ojo del que mira y la vela, el qual tenga un agujerito en *n*.

En qualquier punto de la Sala que se coloque el que mira á la vela, recibirá la luz despedida de ella siempre que el agujerito está en la línea recta tirada desde su ojo á la llama de la vela, y dexará de recibirla en el instante en que el agujerito no se halle en esta línea recta.

El ojo del que mira recibirá siempre la impresion de la luz por la línea recta *a n g*, *a f h*, y nunca por una línea torcida. Luego en un medio homogéneo qual es el Ayre, la Luz despedida por un cuerpo luminoso se mueve únicamente en línea recta.

II.° En medio de una Sala bien iluminada colóquese la misma *Vela apagada*, la qual de consiguiente no se podrá ver sino por los rayos que reflecte. Se verá su pávilo *a* por exemplo, desde todos los puntos que se quiera al rededor de ella siempre que no haya cuerpo alguno opaco en la línea recta tirada desde el ojo del que la mira al punto iluminado *a*. Pero se le dexará de ver desde el instante en que haya algun cuerpo opaco en esta línea recta. Luego la Luz reflexada por un cuerpo opaco igualmente que la Luz despedida por un cuerpo luminoso se mueve en un mismo medio, por exemplo en el ayre únicamente en línea recta.

Sobre esta propiedad caracteristica de la Luz se fundan las operaciones del Geómetra y del Cazador. El Geómetra quando dirige sus alidadas, y el Cazador quando dirige su escopeta suponen que el *Rayo visual* que les sirve de regla comun viene en línea recta desde el objeto á que apuntan á su ojo que recibe la impresion de él. El conocido acierto de sus operaciones demuestra la verdad del Principio sobre que estan fundadas.

III.°

III.° El *movimiento de la Luz en línea recta* en un mismo medio concuerda perfectamente con la Teoría general del Movimiento, segun la qual un cuerpo puesto en movimiento debe conservar su velocidad y direccion primitivas miéntras que ninguna nueva causa ocasiona en él alguna nueva mudanza (307).

Aora pues en un mismo medio, en un medio homogéneo no halla la Luz causa alguna nueva que pueda mudar su velocidad ó direccion. Luego debe continuar moviéndose del modo que ha empezado, y de consiguiente en línea recta pues que no ha podido menos de empezar á moverse en línea recta (308). L. Q. P. D.

LEY TERCERA.

719. *La Luz descrece en densidad segun se va apartando del punto luminoso que la produce, ó del punto iluminado que la reflecte; y esta disminucion de densidad es proporcional al quadrado de su distancia al punto luminoso ó iluminado.* (Fig. 102).

DEMOSTRACION I. En primer lugar es evidente que segun se va apartando la Luz del punto luminoso ó iluminado se divide y esparce en rayos divergentes C A, C R, C B que parten de un mismo centro C, y lo es tambien que no puede la Luz esparcirse y dividirse de este modo sin que se disminuya en densidad segun se vaya apartando del punto C, segun se vaya esparciendo de un espacio menor en otro continuamente mayor.

En segundo lugar es evidente que esta *disminucion de densidad* en la Luz segun que se va apartando del punto luminoso ó iluminado es proporcional al quadrado de su distancia al punto de donde ha partido por emanacion ó reflexîon; porque como la Luz se propaga en rayos divergentes se ve claramente que cada porcion sensible de Luz alejandose del punto luminoso ó iluminado se hace un verdadero cono luminoso cuya cúspide es el punto luminoso ó iluminado, y cuya base

se hace otro tanto mayor quanto mas se aleja de la cúſpide.

DEMOSTRACION II. Sea A el punto luminoſo ó iluminado, F A G el cono formado por una porcion de rayos divergentes; B C un carton cuyo plano ſe preſentará al cono luminoſo á diferentes diſtancias del punto A. Con ſolo eſto se verá formarſe ſobre el carton los círculos luminoſos B C, D E, F G que ſerán otro tanto mayores quanto mas diſtante eſtá el carton del punto A. (*Fig.* 108).

Es claro que toda la Luz que se halla en cada instante en el círculo F G eſtaba antes en el espacio circular D E, en el eſpacio tambien circular B C, y en el punto luminoſo ó iluminado A; y que la Luz que ilumina ſuccesivamente eſtos diferentes eſpacios A, B C, D E, F G eſtá otro tanto menos denſa y mas enrarecida quanto mayor eſpacio ocupa, quanto mayor es el círculo en que eſtá dividida y eſparcida. No hay pues mas que hacer que comparar entre sí eſtos *diferentes espacios* para valuar la rarefaccion de la Luz que los ilumina.

Para eſto ſea la diſtancia del primer círculo B C al punto luminoſo $= 1$; la diſtancia del ſegundo círculo D E $= 2$; y la del tercer círculo F G $= 3$. Eſto ſupueſto afirmo que la densidad de la Luz ſerá como 1 en el primer círculo, como $\frac{1}{4}$ en el ſegundo, como $\frac{1}{9}$ en el tercero: lo que es preciſamente en *razon inversa del quadrado de las distancias.*

Para demoſtrarlo comparemos primeramente entre sí los dos círculos B C y D E. Siendo el triángulo B A C ſemejante al triángulo D A E, ſus lados homólogos B C y D E que ſon los Diámetros de los dos círculos luminoſos del carton ſon entre sí como las baſes A C y A E, ó como las diſtancias A M, A N de eſtos dos círculos al punto A. (*Math.* 403). Luego el lado ó diámetro B C es al lado ó diámetro D E como 1 á 2.

Es así que las ſuperficies de dos círculos ſon entre sí como los quadrados de ſus diámetros (*Math.* 501).

Luego la ſuperficie del círculo B C es como el quadrado de 1 = 1; y la ſuperficie del círculo D E es como el quadrado de 2 = 4. Luego la Luz eſtá quatro veces mas dividida y menos condenſada en el círculo D E á la diſtancia 2, que en el círculo B C á la diſtancia 1.

Por la misma razon la Luz eſtá nueve veces mas dividida y menos condenſada en el círculo F G que en el círculo B C; porque siendo el diámetro F G tres veces mayor que el diámetro B C la ſuperficie F G nueve veces mayor no tiene mas que la misma Luz que ilumina al círculo B C nueve veces menor que ella.

Luego ſegun se va alejando la Luz del punto que la deſpide ó refleƈte, padece una *Rareſaccion* proporcional al quadrado de ſu diſtancia al punto luminoſo ó iluminado. L. Q. P. D.

720. COROLARIO I. De aquí se infiere que *á una cierta distancia los Objetos luminosos ó iluminados pueden y deben dexar de ser visibles.*

La razon es porque la Luz á fuerza de enrarecerse y debilitarſe alejándoſe del punto que la despide ó refleƈte, debe en fin dexar de tener la densidad y fuerza ſuficiente para producir en el órgano de la viſta una impresion clara y ſensible.

721. COROLARIO II. Se sigue tambien que *la Luz debe tener una densidad muy grande al salir del seno del Sol*, pues que á treinta millones de leguas del Sol que la deſpide deſpues de haberſe dividido y enrarecido inmenſamente conſerva todavia baſtante densidad para hacer en nueſtros ojos una impresion tan fuerte (716).

LEY QUARTA.

722. *Los rayos de Luz se cruzan de mil modos sin turbarse en su curso ni funciones* (Fig. 110).

DEMOSTRACION. Sea A B C el poſtigo de una ventana bien cerrada en el que se hayan abierto tres agujeros cilíndricos por los quales se harán paſar tres rayos ſolares por tres vidrios planos colocados á la parte de

afuera, de modo que al agujero A se adapte un *Vidrio roxo* plano ó lenticular el qual solo dé paso á los rayos roxos; al agujero C se adapte un *Vidrio verde* que solo dexe pasar los rayos verdes, y al agujero B no se le ponga vidrio alguno, ó solo se le adapte un *Vidrio sin calor* para que pasen por él libremente todas las siete especies de rayos mezcladas y confundidas del mismo modo que vienen del Sol; y diríxanse de tal modo estos tres Rayos que se crucen y atraviesen en el punto D antes de que lleguen á dar en el plano de un carton blanco E F G.

I.° Todo así dispuesto el rayo roxo A R D va á trazar un círculo roxo en G, el rayo verde C T D un círculo verde en E, y el rayo natural B S D un círculo blanco en F. (693)

II.° Estos tres rayos aunque cruzados y atravesados unos por otros en D no se apartan de la línea recta, y llegan cada uno de por sí á su término en donde exercen separadamente su funcion clara y distinta, del mismo modo que si cada rayo llegase solo sin haber sido atravesado ni cruzado en su camino por otro rayo semejante ó diferente (693 y 718).

Luego la Luz puede cruzarse sin turbarse en su curso ni funciones. L. Q. P. D.

723. NOTA. Supongamos que el carton E F G sea el fondo de un ojo vivo, sea una retina sensible y animada. (*Fig.* 110 y 117).

I.° Estos tres rayos harán en esta retina tres impresiones distintas en tres puntos bien distintos E F G, y este ojo recibirá á un mismo tiempo tres imágenes separadas, y todas tres diferentes.

II.° Si en el punto D se colocase una lente proporcionada, estos tres conos luminosos *o* G, *m* E, *n* F irian á terminarse en conos inversos en los puntos E F G en donde trazaria en cada uno una imágen incomparablemente mas viva, y la imágen formada por las cúspides de estos tres conos seria roxa en G, blanca en F, y verde en E.

III.° Si eſtos tres Rayos repreſentaſen tres cuerpos diferentes, el rayo ſuperior A R un toro, el rayo inferior C T una águila, y el rayo del medio B S una veleta; el toro se iria á pintar en la parte inferior del carton en G, el águila en la parte ſuperior en E, y la veleta en el medio en F.

LA SOMBRA: CONOS UMBROSOS.

724. DESCRIPCION. La *Sombra* no es otra coſa que una privacion ó grande diminucion de Luz ocasionada por la interposicion de un Cuerpo opaco (*Fig.* 123).

I.° Quando el globo luminoſo R S R es *igual al globo opaco* A B A á quien ilumina la Sombra del cuerpo opaco es un cilindro infinito C A B D cuyo diámetro es igual al del globo opaco. La razon es porque los rayos R A S B que parten de las extremidades del cuerpo luminoſo y paſan al rape de las extremidades del cuerpo opaco ſon paralelos y se mueven sin acercarſe ni apartarſe uno de otro. Eſtos rayos ſon Tangentes del diámetro A B, y el arco iluminado A T B es igual al arco ſombrío A M B.

II.° Quando el globo luminoſo *r s r* es *menor que el globo opaco* á quien ilumina, la ſombra del globo opaco es un cono truncado *v m n x* que va creciendo al infinito á medida de que se aleja del cuerpo opaco que le produce.

La razon es porque los rayos *r m s n* que parten de las extremidades del cuerpo luminoſo y paſan al rape de las del cuerpo opaco ſon divergentes, y se apartan cada vez mas uno de otro al infinito.

Eſtos Rayos ſon Tangentes no del diámetro del globo opaco, sino de los radios *t c* y *t e* del mismo globo, y así el arco iluminado *c b e* es menor que el arco ſombrío *c a e*.

III.° Quando el globo luminoſo R S R es *mayor que el cuerpo opaco* á quien ilumina, la ſombra del globo opaco es un Cono *m d n* cuya baſe *m n m* eſtá apoyada

ſobre el cuerpo opaco, y cuya punta *d* eſtá en la línea recta que paſa por los dos centros de los cuerpos luminoſo y opaco. (*Fig.* 123).

La razon es porque los rayos R *m* S *n* que parten de las extremidades del cuerpo luminoſo y paſan al rape de las del Cuerpo opaco ſon convergentes, y se acercan continuamente uno á otro á medida de que se van alejando de ſu orígen. Deben pues juntarſe en un punto *d* en el que su luz ſerá ſensible y se acabará la ſombra. Eſtos rayos ſon tangentes no del diámetro del globo opaco sino de los radios *t m t n* del miſmo globo; y así el arco iluminado *m b n* es mayor que el arco ſombrío *m a n*.

IV.° En el primero de los caſos propueſtos el globo luminoſo ilumina á la mitad juſtamente de la ſuperficie opaca. En el ſegundo menos de la mitad, y en el tercero mas de la mitad de la ſuperficie opaca.

725. NOTA. Con lo dicho ſobre los Conos umbroſos se puede formar una idea general de los Eclipſes de Sol y de Luna. (*Fig.* 123).

I.° Un *Eclipse de Sol* es una deſaparicion de la Luz de eſte Aſtro ocasionada por la interposicion de la Luna entre la Tierra y el Sol.

Es claro que eſtando la Tierra en A B, y el Sol en R S habrá un Eclipſe de Sol si la Luna se halla en *m n*, y que eſte Eclipſe ſerá total para todos los paiſes que eſtuvieren situados dentro del Cono umbroſo T M *d* que forma la Luna *m b n a m*.

II.° Un *Eclipse de Luna* es una ceſacion de luz en eſte Planeta, ocasionada por la interposicion de la Tierra entre la Luna y el Sol.

Es claro que eſtando el Sol en A B, la Tierra en *m n*, y la Luna en *r s* habrá neceſariamente Eclipse de Luna; pues en eſte caſo la Luna caerá dentro del cono umbroſo *m r s n* que forma la Tierra iluminada por el Sol A B.

III.° El *Cono umbroso* de un Planeta es la ſombra que el Diſco *m n m* del Planeta menor que el Diſco

R S R del Sol forma y trae tras de sí por la parte opuesta al Sol.

Estando el Sol en R S, la Luna en *m n* y la Tierra en A B, los Paises terrestres T estarán dentro del Cono umbroso de la Luna, y los Paises colocados entre T A y T B fuera de este Cono umbroso estarán en la *Penumbra* que no es otra cosa que una privacion mayor ó menor de la Luz solar en las cercanías del Cono umbroso, por exemplo en *d n* D, y *d m* C.

En un Eclipse de Sol estando el Sol en R S, la Luna en *m n*, y la Tierra en A B, los Paises terrestres T A y T B que estan fuera del Cono umbroso *m d n* estarán en la Penumbra de la Luna.

IV.° Como *nada podemos ver sin Luz* es claro que no podriamos percibir de modo alguno á un Cuerpo colocado en una entera privacion de Luz.

Pero un objeto puesto á la sombra de un árbol ó de una casa nos es visible por los rayos que reflecten sobre él los objetos que le rodean, y que él despues reflecte á nuestro ojo.

En un *Eclipse total de Luna* suponiendo la Luna en M y la Tierra en *m n*, la Luna nos será visible por medio de ciertos rayos solares *d* R C, *d* S D que forman la Penumbra, y que refractados en la Atmósfera terrestre tuercen hácia el Cono umbroso de la Tierra, van á caer sobre la superficie de la Luna colocada en M dentro de este cono umbroso, y son reflexados por la Luna hácia la Tierra. Y estos rayos recibidos en un ojo colocado en *a* bastarán para trazar en él débilmente una imágen sombría y obscura de la Luna eclipsada (702).

SECCION QUARTA.

FENOMENOS DE LA LUZ EN EL OJO; Ó PRINCIPIOS DE LA VISION.

726. OBSERVACION. Al entrar la Luz en nueftro ojo padece en él diferentes refracciones de que prefcindirémos por ahora, y así no considerarémos en el Ojo mas que la *Pupila* P que mirarémos como un simple agujero sin cubiertas refractantes, y la *Retina* ó cubierta fibrosa *r* R *r* que forma la concavidad del fondo del ojo, y en donde van á dar los rayos luminofos que pafan por la pupila (*Fig.* 120).

727. DEFINICION. La *Vision* es el acto del Alma por el que tiene prefente la figura y situacion de un objetò con ocasion de una impresion hecha en el ojo por la Lùz que efte objeto defpide ó refleсte.

I.° La *Vision es distinta* quando cada parte notable del objeto se traza feparadamente en la retina baxo de fus rafgos propios y caracteríſticos, feparados de los rasgos propios y caracteríſticos de las demas partes.

II.° La *Vision es confusa* quando las imágenes de los objetos se forman y trazan mal en el ojo, y quando trazándose fobre un mifmo punto del ojo muchas partes notables de un mifmo objeto, fus diferentes imágenes se confunden en una fola y mifma imágen.

AXÎOMA FUNDAMENTAL.

728. *Los Objetos sensibles trazan su imágen en el ojo, y la Vision clara y distinta de los objetos está afecta á la formacion clara y distinta de su imágen en la retina.*

EXPLICACION I. Sea A B una Caxa de madera redonda de tres ó quatro pulgadas de diámetro que tenga dos agujeros redondos diametralmente opueftos, éfta ferá una *Imitacion artificial del ojo* (Fig. 99).

El agujero B de cosa de pulgada y media de diáme-

metro debe eſtar tapado con un papel dado de aceyte, y al agujero A se le debe adaptar un pequeño tubo cilíndrico de una pulgada de diámetro y como otra de largo, el qual debe de eſtar enangoſtado interiormente á modo de embudo, y tener á su extremidad mas angoſta en lo interior de la caxa una Lente V cuyo foco eſté con corta diferiencia á la diſtancia del papel dado de aceyte; de modo que se le pueda hacer que venga á dar juſtamente en él metiendo ó ſacando un poco el pequeño tubo A.

Si hecho eſto se coloca el tubo A adaptándole al agujero del poſtigo de una ventana en un Quarto bien cerrado, de modo que caiga en frente de un *Objeto bien iluminado* que no diſte de él mas que treinta ó quarenta paſos, se ve eſte objeto M N pintado con todos ſus colores en el papel dado de aceyte B, pero en una situacion inverſa, ó digamoslo así pies arriba y todo trastrocado.

De modo que el punto mas alto del objeto ocupará la parte mas baxa de la imágen, el punto mas baxo del objeto la parte mas alta de la imágen, la parte que eſtá á la derecha en el objeto eſtará á la izquierda en la imágen, y así proporcionalmente ſucederá con las demas partes (723).

729. EXPLICACION II. Hágaſe en el poſtigo de una ventana bien cerrado un pequeño agujero circular, y adápteſe á él un *Ojo de buey*, de modo que la pupila caiga á la parte de afuera, y la retina á la de adentro. Es neceſario que á eſta Retina se la hayan quitado con deſtreza los tegumentos groſeros que la cubren por su parte exterior, y que podrian impedir que se vieſe lo que paſa en ella. (*Fig.* 117 y 120).

En eſte *Ojo natural*, y ſobre eſta *Retina* se verán trazadas claramente y sin confusion las imágenes de los diverſos Objetos cercanos que eſtando bien iluminados pueden enviar ſus rayos por la pupila á la retina.

1.° En eſte Ojo natural del miſmo modo que en la imitacion artificial de que acabamos de hablar se pin-

tan trocadas las imágenes de los objetos. Por exemplo la imágen de un hombre que va andando por un camino tiene los pies arriba y la cabeza abaxo, su mano derecha está á la izquierda, y su mano izquierda á la derecha. Pero cada parte de la imagen se traza y dibuja sobre la retina con las proporciones mas exâctas, y con colores naturales.

II.° A medida de que este hombre se aleja, su imágen siempre trazada en la retina del ojo de buey se va haciendo mas pequeña, y las dos dimensiones de esta imágen, su altura y su anchura descrecen sensiblemente en la misma proporcion en que se aumenta la distancia. (*Fig.* 114)

De modo que la altura de *la imágen de un hombre* á veinte pasos es como 1, á quarenta como $\frac{1}{2}$, á sesenta como $\frac{1}{3}$, á ciento como $\frac{1}{5}$, y así proporcionalmente hasta que el objeto está bastante distante para que la imágen se reuna y confunda toda en un solo punto de la retina en el que dexa de ser distintamente visible.

Es cierto que los *diversos diámetros de las Imágenes* que traza en el ojo un objeto visible, puesto en frente de él á diferentes distancias, todas poco considerables descrecen real y geométricamente en una proporcion un poco menor que en la que se aumentan las distancias, y recíprocamente. Pero esta diferencia aun á pequeñas distancias es siempre insensible al ojo. Esta diferencia se disminuye todavia cada vez mas á medida de que la distancia es mayor. De modo que en las grandes distancias es infinitamente pequeña y por lo mismo geométricamente nula.

De donde se sigue que *los diámetros de las Imágenes trazadas en un ojo por un mismo Objeto puesto sucesivamente en* A B, *en* C D, *en* E F *son siempre sensiblemente en razon inversa de las distancias.*

III.° Para poderse pintar los Objetos en el ojo de que hablamos es necesario que caigan dentro de un ángulo recto *a* P *b* formado por dos líneas *r a*, *r b* tiradas desde las extremidades de la retina *r* R *r* por

las extremidades de la pupila P. (*Fig.* 120)

Pues los objetos colocados delante del ojo fuera de este ángulo recto no trazan su imágen sobre la retina *r* R *r*, porque los rayos que despiden ó reflecten en línea recta no pueden ir por la pupila P á la retina, ni de consiguiente hacer en ella su impresion.

Por esto se comprehende porque todo lo que vemos de una sola mirada está ordinariamente comprehendido en un *Angulo recto* al modo del ángulo *a* P *b*.

IMAGENES DE LOS OBJETOS SOBRE LA RETINA, E IDEA DE LA VISION.

730. EXPLICACION. Sea una flecha A D B puesta en frente del ojo de que vamos hablando. Esta flecha se debe ir á pintar al reves sobre la retina *a b d* (*Fig.* 117).

I.° Todo Punto iluminado, lo mismo que todo Punto luminoso es como un centro de esfera de donde parten en línea recta una infinidad de rayos divergentes que ván á hacer visible este punto á diferentes distancias (718). Es así que los puntos A D B son puntos iluminados; luego reflecten por todas partes rayos divergentes propios para trazarlos y hacerlos sensibles en el ojo. De aquí las *imágenes de los objetos en el ojo.*

De todos los rayos divergentes que reflecten el punto A solo el rayo M A N puede entrar por la pupila R, é ir á hacer su impresion sobre la retina en *a*. Igualmente de todos los rayos divergentes que reflecten los puntos D y B, solos los rayos N B M y D R pueden entrar por la pupila y hacer su impresion sobre la retina en *d* y en *b*.

II.° Como los rayos de Luz despedidos por un cuerpo luminoso, ó reflexados por uno iluminado caminan siempre *en línea recta* en un mismo medio (718), es claro que el rayo A R reflexado por la parte superior del objeto debe hacer su impresion en la parte inferior de la retina en *a*, que el rayo B R reflexado por la parte inferior del objeto debe hacer su impresion en la par-

te ſuperior de la retina en *b* ; que el rayo D R reflexado por la parte media del objeto debe hacer su impresion en medio de la retina en *d* ; que los demas rayos reflexados por los puntos ſuccesivos del objeto deben hacer su impresion en la retina en puntos otro tanto mas baxos quanto mas altas ſon las partes de que han ſalido, y recíprocamente : que los rayos reflexados por la parte derecha del objeto deben ir á dar á la parte izquierda de la retina ; y así proporcionalmente.

De donde reſulta que la *Imágen formada en la retina por la impulsion de estos rayos debe de ser al reves del objeto* : del mismo modo que se preſenta al Obſervador en el ojo artificial ó natural (728 y 729).

III.° Si el objeto A D B es de diferentes colores, *cada punto de este objeto se irá á pintar con su color propio á la retina.*

Si el punto A del objeto es roxo ſolo reflectará rayos roxos, y así el rayo roxo A R irá á trazar un punto roxo en *a.* Si el punto B del objeto es violado ſolo reflexará rayos violados, y así el rayo violado B R irá á trazar un punto violado en *b.* Si el punto D es verde ſolo reflexará rayos verdes, y así el rayo verde D R irá á trazar un punto verde en *d.* De consiguiente *toda la imágen* a b d *representará respectivamente todos los colores del objeto* A D B.

IV.° A medida de que el objeto A B se acerca al ojo su imágen ſe hace mayor ; y por el contrario menor á medida de que ſe aleja. (*Fig.* 114)

La razon es porque los rayos A N y B N que parten de las extremidades de eſte objeto forman un ángulo B N A otro tanto mas agudo , quanto el objeto eſtá mas lejos, y otro tanto menos agudo quanto el objeto eſtá mas cerca.

Quando el objeto A B se acerca, el ángulo *b* N *a* se hace mas abierto , y la imágen *a b* se aumenta. Quando el objeto A B se aleja á D C, el ángulo *b* N *a* se hace mas pequeño, y la imágen *a b* se diſminuye.

Quando el objeto A B eſtá á una diſtancia muy

grande en V X, el ángulo *a* N *b* es como infinitamente pequeño; y así en este caso la imágen *a b* comprehendida en este ángulo se hace infinitamente pequeña, y por lo mismo insensible ó imperceptible. (741)

V.° Nos ceñirémos por ahora á hacer notar que no es un rayo solo el que traza cada punto de la imágen sobre la retina *a b*, sino que es un pequeño manojo de rayos divergentes que refractados en los humores y cubiertas del ojo se hacen convergentes dentro de él, y van á dar con la punta de sus conos en diferentes puntos de la retina. (*Fig.* 117)

Mediante esta reunion en un mismo punto en el ojo es como la percusion de los rayos M A N, M D N, M B N por exemplo, produce en los diferentes puntos *a d b* una imágen clara y sensible de cada porcion del objeto que los reflecte.

Axioma II.

731. *Nosotros vemos cada punto de un Objeto luminoso ó iluminado en el exe del cono luminoso que afecta la superficie exterior de nuestro ojo, en el momento en que se forma en nuestra retina la imágen de este objeto.*

Explicacion. Es fácil hacer ver y sentir bien la verdad de este Axîoma por medio de la Experiencia (*Fig.* 102).

I.° Sea un Punto luminoso C. Nosotros vemos este *Punto luminoso* C en la línea recta R C D, y esta línea es el exe del cono luminoso A C B que despide este punto radiante y que afecta nuestro ojo A B.

Igualmente si el punto C es un punto bien sensible, bien iluminado y poco distante nosotros vemos este *Punto iluminado* en la línea recta R C D, la qual es el exe del cono luminoso A C B que reflexa este punto iluminado, y que afecta nuestro ojo A B.

Quando el *Punto luminoso ó iluminado* C está poco distante de nosotros, estimamos y valuamos sobre poco mas ó menos la distancia R C, cuya extremidad refe-

rimos al punto en que se reunen las líneas convergentes A C y B C que circunscriben el cono luminoſo que hace ſu impresion en nueſtro ojo.

Pero quando eſte Punto C eſtá muy diſtante de nueſtro ojo, el ángulo A C B es como infinitamente pequeño, y por tanto siendo ſensiblemente paralelas las lineas A C y B C no podemos eſtimar ni juzgar en que punto C ó D se juntan. En eſte caſo no hacemos mas que situar el objeto C en el exe R C D del cono luminoſo á una diſtancia indefinida. Eſte es el motivo de que confundamos la *distancia de los Planetas* con la de las Eſtrellas, refiriendo igualmente eſtas dos especies de cuerpos celeſtes á un punto imaginario del Firmamento.

II.° Sea una flecha A D B. Noſotros vemos el punto A en el exe del cono luminoſo N A M, el punto B en el exe del cono luminoſo N B M, y el punto D en el exe del cono luminoſo N D M. (*Fig.* 117)

El punto A por exemplo, nos parece otro tanto mas diſtante quanto mas léjos del ojo ſe van á reunir las líneas M A y N A, y recíprocamente. Eſte punto A nos parece menos diſtante quanto mas cerca del ojo van á reunirſe las líneas M A y N A. De aqui proviene el que en un mismo Objeto bien iluminado y poco diſtante juzguemos ciertos puntos mas, y ciertos otros menos diſtantes de noſotros como lo eſtan en efecto.

III.° Eſta misma *Ley de vision* que se obſerva en la Luz directa se obſerva tambien en la Luz reflexada y refractada, por exemplo (*Fig.* 136)

Sea una Eſtrella M cuya Luz venga á nuestro ojo O N reflexada por un Espejo plano *u x*, eſta Eſtrella en vez de verla noſotros en M en donde eſtá la verémos detras del espejo en *m* en donde no eſtá, en el exe del Cono luminoſo O *m* N, y en el punto en que van á coincidir y juntarſe los rayos convergentes N *m* y O *n* mediante los quales la Luz de eſta Eſtrella afecta nueſtro ojo O N: y así nos parecerá tan diſtante del espejo plano en *m* como lo eſtá en efecto en M.

IV.° De eſtas Obſervaciones experimentales reſulta

que *vemos siempre los Objetos en la direccion que sigue la Luz en el instante en que hace su impresion en la superficie y en el fondo de nuestro ojo*, sea la que quiera la direccion que pueda haber tenido antes esta Luz, la qual solo hace su impresion en el ojo en virtud de su última direccion, ó de la direccion que tiene en el momento en que afecta nuestro ojo.

732. NOTA. La misma Ley se guarda respecto de todos los Cuerpos que hacen impresion en nuestros órganos; lo que hace ver que es una verdadera *Ley de la Naturaleza*, y no una simple hipótesis imaginada gratuitamente para explicar ciertos fenómenos.

Nosotros juzgamos general y constantemente que la *Causa de nuestras Sensaciones* está en la línea que ha seguido el Cuerpo movido que las causa: por exemplo juzgamos que un Cuerpo sonoro está á nuestra derecha por la impulsion que en esta direccion se hace en nuestros oidos, y que un Cuerpo oloroso está á nuestra izquierda por que la impresion que recibimos viene de este lado.

Igualmente un Ciego introducido en un tiempo frio en una gran Sala en que haya un buen brasero que no ve, es dirigido seguramente hácia este brasero por la impresion de los corpúsculos del fuego, los quales le enseñan que para acercarse al brasero no tiene mas que seguir la línea directamente opuesta á la de la impresion que recibe; por exemplo estando este Ciego en A B él atinará y juzgará bien pronto que el brasero está en C. (*Fig.* 102)

733. COROLARIO I. *Aunque un Objeto se pinte al reves en el ojo debemos verle en su situacion natural.* (Fig. 117)

EXPLICACION. Como vemos siempre los Objetos en la direccion que sigue la Luz en el instante en que hace su impresion y en que traza su imágen en nuestro ojo, es claro que debemos ver el punto *a* de la imágen trocada en A, el punto *b* en B, y el punto *d* en D, y es claro igualmente que la parte que está á la izquierda en la imágen *a d b* debe ser vista á la derecha en el obje-

to A D B, y así proporcionalmente respecto de las demas partes.

Luego aunque la *imágen de un Objeto* se pinte al reves en el ojo debemos ver el objeto en su situacion natural.

734. COROLARIO II. *Un mismo Objeto se ve otro tanto mas lejos y menos claramente quanto han andado mas sin mudar su divergencia antes de llegar al ojo los rayos despedidos ó reflexados por él.* (Fig. 121)

Quando podemos estimar por sola la vista las *distancias de los Objetos* los vemos en el punto en que terminan las líneas convergentes A S y B S del cono luminoso A S B que afecta nuestro ojo A B (731). De aquí resulta

I.° Que un ojo puesto en A B verá el objeto S en el punto S en donde van á reunirse las líneas convergentes A S y B S que describen los rayos que circunscriben el cono luminoso A S B.

II.° Que el mismo ojo puesto en C D á una distancia doble verá el objeto S en el punto S en que terminan y se reunen las líneas C S y D S que circunscriben el cono luminoso C S D, cuya base está apoyada sobre el ojo á causa de que siendo las líneas C S y D S la mitad menos convergentes que las líneas A S y B S, y siendo la distancia C D igual á la distancia A B las lineas C S y D S deben irse á reunir dos veces mas léjos que las lineas A S y B S.

III.° Que el mismo ojo puesto en F G á una distancia triple de la primera verá tres veces mas lejos el objeto S, á saber en el punto S en que se reunen las lineas convergentes F S y G S que circunscriben el cono luminoso F S G cuya base siempre del mismo grandor está apoyada sobre el mismo ojo F G.

IV.° Que el ojo en A B recibirá una luz quatro veces mas densa y viva que en C D, nueve veces mas densa y viva que en F G, y así proporcionalmente al infinito pues que la densidad de la luz descrece en la misma proporcion que se aumenta el quadrado de la distancia. (719)

ANGULOS ÓPTICOS.

735. DEFINICION. Llámase *Angulo óptico* un ángulo A N B cuya cúspide corresponde al centro de la pupila, y que se forma por los rayos A N y B N despedidos ó reflexados por las extremidades del objeto A B (*Fig.* 114).

A este Angulo óptico fuera del ojo corresponde en el ojo otro ángulo igual *a* N *b* opuesto á su cúspide, y que termina y circunscribe la imágen *a b* trazada en el ojo.

El Angulo óptico A N B, ó H N K, ó C N D puede comprehender dentro de sí una simple línea, un espacio sin anchura ni profundidad A B, y entónces solo se forma de dos rayos A N y B N.

Quando el Angulo óptico comprehende un Sólido regular ó irregular se forma de todos los rayos que parten de todas las extremidades del cuerpo luminoso ó iluminado A B, ó C D, ó H K.

736. LEMA. *Si un Objeto* A B *fixado á dos lineas indefinidas* N A y N B *que parten de un mismo punto* N *se mueve en la direccion* N D, ó D N *siempre paralela* (Fig. 114),

I.° Es claro que las dos lineas N A y N B se acercarán continuamente una á otra quando el objeto A B se alejare del punto N.

En este caso el Angulo óptico A N B se va haciendo cada vez mas pequeño igualmente que el ángulo opuesto á su cúspide *a* N *b* el qual termina y circunscribe la imágen del objeto A B en el ojo.

II.° Es claro que estas mismas dos lineas N A y N B se apartarán continuamente una de otra quando el objeto A B se acercare al punto N. En este caso el Angulo óptico A N B se hace continuamente mayor, igualmente que el ángulo siempre igual á él *a* N *b* que en este caso hace tambien cada vez mayor la imágen del objeto en el ojo.

III.° Si el ángulo A N B es muy pequeño, el objeto A B está muy distante, y el diametro A B está pues-

to en la direccion del arco A B, es claro que el diámetro del objeto se confunde ſensiblemente con el arco A B que mide el grandor del Angulo óptico.

La razon es porque á una diſtancia grande de la cúſpide de un ángulo un arco muy pequeño A B ó C D solo se diferiencia infinitamente poco de la línea recta A B ó C D que es el diámetro del objeto. Y así se puede en eſte caſo tomar el diámetro del objeto por el arco A B ó B C, y recíprocamente. (*Math.* 710)

AXIOMA III.

737. *El grandor de los Angulos ópticos determina por lo comun el grandor aparente de los Objetos*; es decir que los objetos nos parecen ordinariamente otro tanto mayores ó menores quanto mayor ó menor es el ángulo óptico baxo del qual los vemos.

EXPLICACION. I.° Eſte Axîoma eſtá comprobado por la Experiencia. Por exemplo aunque el Sol ſea inmenſamente mayor que la Luna vemos eſtos dos globos en el Cielo baxo del mismo grandor con corta diferiencia, porque los vemos baxo de dos Angulos ópticos ſensiblemente iguales, ó porque se trazan en la retina imágenes casi iguales.

Igualmente ſean en el Cielo dos Eſtrellas A y B, y dos Planetas *a* y *b*: aunque el eſpacio A B ſea inmenſamente mayor que el eſpacio *a b*, ambos espacios nos parecen de un mismo grandor, porque los vemos baxo del miſmo ángulo óptico A C B, y porque los puntos en que terminan uno y otro espacio se trazan en la retina baxo de un mismo ángulo (*Fig.* 112).

II.° Eſte axîoma es conforme á la Razon; porque dos Objetos A B y H K que se pintan en el ojo baxo de un mismo Angulo óptico H N K trazan en él dos imágenes *a b* de igual grandor. Aora pues dos imágenes de igual grandor en el ojo, siendo todo lo demas igual por otra parte deben determinar al alma á ver baxo de un miſmo grandor eſtos dos objetos A B y H K. (*Fig.* 114)

Por la misma razon dos Objetos iguales ó desiguales A B y C D que se ven baxo de dos Angulos ópticos de desigual grandor trazan en el ojo imágenes proporcionales á eftos ángulos ópticos A N B y C N D. Luego todo lo demas siendo igual por otra parte, el alma debe ver eftos dos objetos baxo de un grandor proporcional á los Angulos ópticos que forman y terminan fus imágenes.

III.° Efte Axîoma necesita todavia de una iluftracion y una reftriccion que le vamos á dar en las dos afer-ciones siguientes.

738. ASERCION I. *El diámetro aparente de un mismo Objeto colocado á diferentes distancias considerables del ojo descrece sensiblemente como se aumentan las distancias; ó es en razon inversa de las distancias.* (Fig. 114)

DEMOSTRACION. Supongamos que hay un ojo en N, el Objeto A B colocado á una diftancia considerable del ojo á una diftancia = 1 se verá baxo del ángulo óptico A N B, y su diámetro A B parecerá como 1. El mismo objeto colocado en C D á una diftancia doble = 2 se verá baxo del ángulo óptico C N D fensiblemente la mitad menor que el precedente, y su diámetro C D parecerá como $\frac{1}{2}$. El mifmo objeto colocado en E F á una diftancia triple = 3 folo se verá baxo de un ángulo óptico fensiblemente tres veces menor que el ángulo A N B, y su diámetro E F folo parecerá como $\frac{1}{3}$.

I.° Los triángulos A N B y R N D fon femejantes, pues que fus ángulos homólogos fon los mismos ó iguales. Luego el lado R D es doble del lado A B asi como la bafe N D es doble de la bafe N B. Luego por la misma razon el lado T F es tres veces mayor que el lado A B, como la bafe N F tres veces mayor que la bafe B N. (*Math.* 403)

Es así que si el objeto A B permaneciendo siempre paralelo á sí mismo pafa fuccesivamente á C D, á E F, es claro que en C D su diámetro no ocupará mas que la mitad de la línea R D que es dos veces mayor que

la línea A B. Luego no se le verá mas que baxo del ángulo óptico C N D el qual es sensiblemente la mitad menor que el ángulo A N B. Es claro que en E F su diámetro no ocupará mas que la tercera parte de la línea T F tres veces mayor que la línea A B, y asi no se le verá mas que baxo del ángulo óptico F N E, el qual es sensiblemente tres veces menor que el ángulo A N B.

II.° Quando el Objeto A B, C D, E F es bastante pequeño y está muy distante del ojo, por exemplo es un hombre que va andando por un camino á un quarto de legua, á media legua, y á una legua del ojo que le observa sus diámetros A B, C D, E F se confunden sensiblemente con los arcos A B, C D, E F que miden los diversos ángulos ópticos baxo de los quales se ve el objeto á diferentes distancias del ojo; y así se pueden substituir estos arcos á los diámetros del objeto (736).

Es así que el objeto se ve en A B á una distancia $= 1$ baxo del ángulo óptico A N B $= 1$, en C D á una distancia $= 2$ baxo del ángulo óptico C N D $= \frac{1}{2}$, en E F á una distancia $= 3$ baxo del ángulo óptico F N E $= \frac{1}{3}$.

Luego pues que el *diámetro aparente* de los Objetos es por lo comun proporcional al grandor de los ángulos ópticos baxo de los quales se ven, el diámetro aparente del objeto A B parecerá como 1 á la distancia 1, como $\frac{1}{2}$ á la distancia 2, como $\frac{1}{3}$ á la distancia 3, y así proporcionalmente á las demas distancias. Luego el diámetro aparente de un objeto colocado á diferentes distancias del ojo será en razon inversa de las distancias. L. Q. P. D.

739. COROLARIO. *La superficie aparente de un mismo objeto visto succesivamente á diferentes distancias considerables es sensiblemente en razon inversa de los quadrados de las distancias.*

EXPLICACION. La razon es porque las dos dimensiones aparentes de un mismo Objeto, su altura y su anchura descrecen proporcionalmente á medida de que el objeto se aleja, y trazan en el ojo imágenes mas ó me-

nos grandes pero siempre ſemejantes. Es así que en las figuras ſemejantes las ſuperficies ſon entre sí como los quadrados de una de ſus dimensiones (*Math.* 499):

Luego ſuponiendo iguales las dos dimensiones la altura y la anchura del Objeto A B, la ſuperficie aparente de eſte objeto ſerá $1 \times 1 = 1$ en A B; $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ en C D; $\frac{1}{3} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{9}$ en E F, y asi proporcionalmente siempre en razon inverſa del quadrado de las diſtancias.

Se debe notar aqui con motivo del Axîoma precedente y demas á él perteneciente que *un mismo objeto* H K *puesto á la misma distancia* K *parece mayor en su posicion perpendicular* H K *qne en su posicion obliqüa* V K; porque en la primera situacion se ve baxo de un ángulo óptico mayor H N K, y en la ſegunda baxo de uno menor V N K.

740. ASERCION II. *El Angulo óptico no es la única regla de nuestros juicios sobre el grandor de los Objetos, aunque sea sí la principal.*

EXPLICACION. La razon de eſta reſtriccion ó modificacion es que freqüentemente atribuimos á ciertos objetos mayor grandor que el que exîge el ángulo óptico baxo del que les vemos, y la imágen baxo de la qual se trazan en nueſtro ojo. Por exemplo (*Fig.* 114)

I.° Un hombre á quien yo veo en un camino primero en A B á la diſtancia de 100 toeſas, se pinta en mi ojo baxo del ángulo óptico A N B. El mismo hombre á quien veo deſpues en C D á la diſtancia de 200 toeſas se pinta en mi ojo baxo del ángulo óptico C N D la *mitad menor* que el precedente. No obſtante yo atribuyo á eſte hombre el mismo grandor en A B que en C D. Luego el ángulo óptico baxo del qual se nos muestra un Objeto no es la única regla por donde juzgamos de su grandor.

II.° Un hombre que ve por la primera vez el Mar pueſto á su orilla, diviſa muy á lo lejos un Objeto que flota ſobre las olas, y él le toma por una pequeña Barca: otro hombre acoſtumbrado á ver arribar navios al puerto diviſa el miſmo Objeto, y juzga que es un Navio grande.

Eftos dos hombres perciben el mismo Objeto baxo de el *mismo Angulo óptico*, y no obftante el primero le atribuye mucho menos grandor que el fegundo. Luego el Angulo óptico no es siempre la única regla de nueftros juicios fobre el grandor de los Objetos.

III.° De efto se sigue que el modo de ver depende baftante del ufo y de la experiencia, y que hay una verdadera *Ciencia de ver* que se forma, rectifica y perfecciona por el hábito y la reflexîon.

Por exemplo el ufo y la experiencia nos han enfeñado que la eftatura de un hombre es de cinco pies poco mas ó menos, y que efta eftatura no se muda en sí misma fea la que quiera la imágen baxo de la qual se traza en nueftro ojo. Nofotros juzgamos pues fundados en efte *Conocimiento experimental* que el mismo hombre que se prefenta á nueftro ojo y se pinta en nueftra retina baxo de ángulos diferentes es siempre de la misma eftatura en sí mismo, y efte juicio ahoga y deftruye en nofotros la inclinacion que tendriamos á juzgar del grandor de efte Objeto por el diferente grandor de los Angulos baxo de los que se traza en nueftro ojo.

Igualmente un hombre que ve el Mar por la primera vez no tiene otra regla para juzgar del *grandor del Objeto* que obferva á una gran diftancia, que el Angulo óptico baxo del qual se prefenta á su ojo, y por efo le juzga baftante pequeño para que fea una simple barca. Otro hombre acoftumbrado á ver arribar y partir navios, á feguirles con la vifta largo trecho fobre las aguas ha aprehendido que un mismo Navio que cerca de él se prefenta á su ojo baxo de un ángulo muy grande no se mueftra á una gran diftancia sino baxo de un ángulo muy pequeño, y que á una gran diftancia una barca es casi invisible, y un navio se traza en el ojo baxo del grandor de una pequeña barca vifta á menor diftancia.

Eftos dos hombres forman juicios diferentes del grandor del Objeto que obfervan, porque juzgan de él

por Reglas diferentes. El primero juzga del grandor del Objeto que ve únicamente por el Angulo óptico baxo del qual le percibe, el ſegundo por el contrario juzga del grandor del mismo Objeto por la experiencia que le ha enſeñado que un navio grande á tal diſtancia no se pinta en el ojo sino baxo de una imágen muy pequeña.

IV.° De eſtas Obſervaciones experimentales reſulta, no que el Angulo óptico es una regla falaz de los juicios que formamos ſobre el grandor de los Objetos, sino que eſtos juicios fundados ſobre el diferente grandor de los *Angulos ópticos* deben ſer dirigidos y rectificados por la experiencia y reflexîon; de donde debe nacer la Ciencia de ver en infinitas circunſtancias.

OBJETOS Y MOVIMIENTOS INSENSIBLES.

741. OBSERVACION I. Hemos viſto que el *diámetro aparente de un objeto* es ſensiblemente proporcional al grandor del Angulo óptico que le comprehende ó le termina. Pero como eſte Angulo óptico puede deſcrecer al infinito se ha procurado averiguar haſta que punto necesita deſcrecer para que el Objeto que comprehende dexe de ſer visible.

I.° Segun las Obſervaciones del Doctor Hook un *Objeto luminoso* que brilla con la mayor claridad qual es una Eſtrella, dexa de ſer visible quando el Angulo óptico que la comprehende tiene menos de medio minuto ó menos de 30 ſegundos de grado.

Segun el mismo Autor la *superficie de la imágen trazada en el ojo* necesita tener una octomilésima parte de una pulgada para que el Objeto que la ocasiona ſea ſensible, y eſte objeto ſerá inſensible así que el grandor de su imágen ſea menor en el ojo.

II.° Segun los mas de los Obſervadores los *objetos iluminados* que brillan siempre con mucha menos luz que los objetos luminoſos, necesitan para ſer visibles preſentarſe al ojo baxo de un Angulo óptico mayor, baxo

de un ángulo de 40 ſegundos poco mas ó menos.

Otros Obſervadores exîgen unos un poco mas, y otros un poco menos grandor en los Angulos ópticos para que hagan ſensible y visible un Objeto; peio la diferiencia es poco considerable.

742. Corolario I. Se sigue de aquí que *un Cuerpo de un grandor inmenso, por exemplo un Planeta ó un Cometa mucho mayor que la Tierra debe parecernos como un punto á cierta distancia, y desaparecer en fin á una distancia mayor.*

Explicacion. Así un Planeta mayor que la Tierra nos parecerá como un punto quando se preſente á nuestro ojo baxo de un Angulo óptico de 30 ó 40 ſegundos. Un Cometa mayor que la Tierra deſaparecerá y dexará de ſer visible quando á fuerza de alejarſe de noſotros se preſente á nueſtro ojo baxo de un ángulo óptico menor que el de 30 ó 40 ſegundos (736 y 741).

743. Corolario II. *Las mismas Reglas que nos sirven para estimar el grandor de los Objetos nos sirven tambien para estimar el grandor de sus velocidades.*

Explicacion. La *Velocidad real* se eſtima por el grandor del eſpacio andado en un tiempo determinado. Ahora pues el movimiento ó mutacion ſuccesiva de lugar de un Objeto se pinta en el ojo del mismo modo que el objeto miſmo, y el grandor de eſte movimiento ó espacio andado se eſtima como el del objeto por el Angulo óptico que le comprehende. Por exemplo (*Fig.* 114) Si el punto M paſa ſuccesivamente de M á O en un tiempo determinado, eſte punto deſcribirá en el ojo la línea *a b*, y trazará ſuccesivamente su imágen en todos los puntos de la retina comprehendidos entre *a* y *b*; y así el grandor aparente del eſpacio andado por el punto M ſerá proporcional al Angulo óptico M N *o* que comprehende eſte eſpacio, ó al Angulo igual á N *b*. De donde resulta no atendiendo por ahora mas que á ſolo el grandor de los Angulos ópticos (*Fig.* 112),

I.° Que si dos Cuerpos A y *a* pueſtos á diferentes diſtancias del ojo andan dos arcos ſemejantes A B y *a b* nos

nos parecerá que se mueven con la misma velocidad uno que otro, aunque la velocidad del Cuerpo mas diſtante ſea mucho mayor que la del Cuerpo menos diſtante.

II.° Que si la *Velocidad aparente* de dos Cuerpos A y *a* que se mueven al rededor de un mismo centro C es la misma, ſus velocidades reales ſon como ſus distancias A C y *a* C de su centro comun de movimiento, pues que ſus velocidades ſon como los arcos que andan en un mismo tiempo, y eſtos arcos A B y *a b* ſon entre sí como ſus radios A C y *a* C que repreſentan eſtas diſtancias (*Math.* 474).

744. OBSERVACION II. El *Movimiento de un Cuerpo* es á veces ſensible, y á veces inſensible á la viſta. Por exemplo la viſta percibe facilmente en la esfera de un Péndulo de ſegundos el movimiento de la manecilla que denota los ſegundos sin poder jamas percibir de un instante á otro el movimiento de la que señala las horas, aunque eſta última manecilla ande en un ſegundo un arco de 21 ó 22 ſegundos de grado. Segun el Abate Nollet el Movimiento de un Cuerpo se hace *insensible á la vista*, quando ſolo anda en un ſegundo el arco ó la cuerda de un arco como de 20 ſegundos de grado, ſea la que quiera su velocidad abſoluta. De donde es fácil concluir que el Movimiento de eſte Cuerpo se hará *sensible á la vista* quando ande en un ſegundo un eſpacio que correſponda á un arco mayor, á un arco de 25 ó 30 ſegundos de grado poco mas ó menos.

La razon es porque la Retina eſtá cubierta de una infinidad de nerviecitos baſtante ſemejantes á los pelos de un terciopelo, y eſtos nervios conmovidos por los rayos de luz que deſpide ó refleſte ſobre ellos el objeto visible se enderezan y tiemblan durante un cierto tiempo deſpues de la percusion hecha por eſtos rayos. Eſte temblor dura baſtante verosimilmente por eſpacio de un ſegundo, ſegun el atento y juicioſo Obſervador Muskembroek, y el objeto que deſpide ó refleſte el rayo luminoſo se ve en el exe de eſte rayo mientras que dura el temblor en las fibras de la retina; por consiguiente (*Fig.* 114)

I.° Si el Objeto visible M no anda en un segundo mas que el arco ó la cuerda de un Angulo óptico infinitamente pequeño, ó de un Angulo óptico que no tenga mas de 20 segundos de grado poco mas ó menos el Rayo luminoso despedido ó reflexado por el Objeto visible M cae durante todo este segundo sensiblemente sobre el mismo punto *a* de la retina.

Y así el Objeto visible M visto siempre en la línea recta *a* N M tirada de la retina al objeto será referido por nosotros durante todo este segundo al mismo punto sensible M, y nos parecerá que no se ha movido ni mudado de lugar durante este segundo.

II.° Si el Objeto ó Punto visible M qualquiera que sea su velocidad absoluta anda en un segundo el arco ó cuerda M O de un Angulo óptico de mas de 30 ó 40 segundos de grado, los Rayos luminosos que parten de las dos extremidades de este arco hacen sobre diferentes puntos de la retina *a b* una serie de impresiones distintas que exîsten á un mismo tiempo, y que representan el tránsito succesivo del objeto M de un punto del espacio al punto siguiente.

Y así el Objeto ó punto visible M visto siempre en la direccion del rayo que envia al ojo será referido por nosotros á dos puntos diferentes M y O, y nos parecerá que ha pasado durante este segundo de M á O.

745. NOTA. Es fácil aplicar esta teoría á muchísimos fenómenos mas ó menos dignos de una atencion filosófica. Por exemplo

I.° Si el Punto M es un punto radiante ó luminoso que corre en un segundo la línea M O, este espacio M O se pintará enla retina *a b* como un rastro ó reguero de fuego ó de luz (*Fig.* 114).

La razon es porque los nerviecitos de la retina comprehendidos dentro del arco *a b* tiemblan á un mismo tiempo durante todo el segundo que gasta el punto radiante M en pasar de M á O. Por esta misma razon es por lo que un Cohete, las Exâlaciones que se llaman Carretillas, una Mecha encendida agitada con ra-

pidez se pintan en nueſtro ojo como líneas de fuego rectas, curvas, ó mixtas ſegun la diferiencia de ſus movimientos.

II.° Vemos fácilmente mover ſobre la esfera de un Péndulo de ſegundos á la *Manecilla que indica los segundos*, porque eſta manecilla, en especial en su extremidad se mueve con baſtante velocidad para andar en un ſegundo un arco de mas de 25 ó 30 ſegundos de grado, cuyo centro es el ojo del Obſervador.

Por el contrario no vemos mover la Manecilla que ſeñala las horas porque éſta no anda en un ſegundo un ángulo baſtante grande para afectar dos puntos bien ſeparados y diſtintos de la retina.

III.° Aunque las Eſtrellas y Planetas tengan una velocidad real ó aparente incomparablemente mayor que la de una bala de cañon, eſta velocidad, eſte movimiento no es ſensible á la viſta, porque por grande que ſea eſta velocidad en las Eſtrellas y Planetas no baſta para hacer andar á eſtos Aſtros en un ſegundo un espacio capaz de corresponder en el ojo á un ángulo de mas de 20 ſegundos de grado (*Fig.* 112).

IV.° Una Varita que hace su revolucion al rededor de un exe en un ſegundo poco mas ó menos, traza en el ojo que le obſerva la imágen de una *superficie continua* cónica ó cilíndrica, porque la impresion que hace en el ojo el rayo luminoſo que reflecte cada punto de eſta varita durante su revolucion, dura y ſubsiſte en el ojo haſta que la varita vuelve al mismo punto de su curva á reflectir nuevos rayos al ojo, y renovar la misma impresion.

V.° Si eſta Varita da vueltas con muchísima rapidez *no se la ve* á lo menos diſtintamente porque paſa tan rápidamente por cada parte del espacio que anda que no tiene tiempo para reflectir una quantidad de rayos suficiente para conmover ſensiblemente las fibras de la retina.

Eſta es la razon porque no vemos una *Bala de cañon* que paſa por delante de nueſtro ojo en una direccion casi

perpendicular á nueſtros exes ópticos, aunque la veamos quando corre delante de noſotros paralelamente á nueſtros exes ópticos.

746. DEFINICION. Llámanse *Exes ópticos* dos líneas D A y D B tiradas deſde un miſmo punto luminoſo ó iluminado D al centro de una y otra Pupila A y B de un miſmo hombre (*Fig.* 122).

Eſtas dos líneas forman un ángulo A D B, ó A E B otro tanto mas agudo quanto mas diſtante eſtá el punto D ó E de donde parten las dos lineas (736).

La base ó lado conſtante de eſte triángulo es la diſtancia A B comprehendida entre los centros de las dos pupilas, ó entre los centros de las dos retinas. El ángulo que van á formar en cada punto sensible del Objeto luminoso ó iluminado los Exes ópticos A D y B D, ó A E y B E nos sirve para eſtimar la diſtancia de eſte Objeto.

AXÎOMA IV.

747. *Estimamos la distancia de los Objetos, ó por la intensidad de la Luz que los hace visibles, ó por el número y grandor de los Cuerpos que los separan de nosotros, ó por la mayor ó menor convergencia de los Exes ópticos que afectan nuestros ojos.*

EXPLICACION. Para eſtimar la diſtancia de los Objetos es para lo que nos sirve principalmente la *Ciencia de ver*, ciencia que se forma en noſotros con el inſtinto, con el hábito, con la experiencia, y con la reflexîon. Como todos los Objetos cercanos ó diſtantes se pintan indiferentemente en nueſtra retina ſobre diferentes puntos ſeparados, es probable que de recien nacidos veamos todos los objetos mezclados unos con otros dentro ó encima de nueſtros ojos, y que ſolo deſpues de un cierto tiempo nos habituamos á colocarlos á diferentes diſtancias fuera de noſotros en virtud de un inſtinto natural que ſuple á la razon, y que hace veces de ella para baſtantes coſas en la mas tierna infancia. Vamos á hacer ver que las *tres Causas* que asignamos ſon las

que nos sirven para apreciar la diferente diſtancia de los Objetos que se preſentan á nueſtra viſta.

I.° La *intensidad de la Luz* que deſpide un Cuerpo luminoso, ó que refleƈte un Cuerpo iluminado se disminuye como se aumenta el quadrado de la diſtancia (719). Luego la percusion de la luz ſobre el ojo, la qual es siempre proporcional á su densidad debe debilitarſe en la miſma proporcion. Luego la luz deſpedida ó reflexada por un objeto debe producir ſobre nuestro ojo una impresion otro tanto mas viva y fuerte, quanto menos diſtante de noſotros eſtá el objeto, y otro tanto menos viva y menos fuerte quanto el objeto eſtá mas diſtante.

Luego la intensidad de la Luz y la impresion mas ó menos ſensible que hace ſobre nueſtros ojos deben ſer una regla que nos pueda ſervir para eſtimar la diſtancia mayor ó menor á que eſtá de noſotros el objeto que la deſpide ó refleƈte.

II.° El *número y grandor de los Cuerpos* que vemos colocados entre nueſtro ojo y el objeto cuya diſtancia queremos eſtimar, es tambien un medio de que podemos ſervirnos á eſte fin. Nueſtro ojo que percibe entre él y un objeto diſtante un gran número de Cuerpos ſalientes cuyo grandor nos ha hecho conocer el uso y la experiencia, conoce mas fácilmente el intervalo que le ſepara de eſte objeto diſtante: porque eſtando eſte intervalo dividido en muchas porciones ſeparadas y bien ſeñaladas tenemos menos motivo de confundirle y de errar en su eſtimacion, y podemos mas fácilmente convertir en nueſtro entendimiento las porciones mejor conocidas de eſte intervalo en una ſuma total que repreſente ſobre poco mas ó menos la totalidad del intervalo ó diſtancia que queriamos apreciar.

Por exemplo: Un Objeto situado á la extremidad de una grande llanura uniforme, ó una grande diſtancia en medio del mar nos parece siempre considerablemente menos diſtante que lo eſtá en efeƈto, porque entre eſte objeto y noſotros no hay nada que nos ſeñale bien dis-

tintamente las porciones de eſte eſpacio. Pero colóquenſe entre eſte objeto y noſotros un gran número de lugares en la llanura, y de navios en el mar; y la distancia aparente de eſte Objeto se hará ſensiblemente mayor, y se acercará mucho mas á la diſtancia verdadera y real, porque las diferentes porciones de eſte eſpacio ſerán mejor ſeñaladas y preſentadas á nueſtro entendimiento.

III.° No es menos cierto que la mayor ó menor *Convergencia de los Exes ópticos* que se van á reunir en cada punto visible de un objeto no sirve para juzgar de su diſtancia; porque un inſtinto natural nos enſeña á referir los Objetos que se pintan en nueſtros ojos al punto en que se van á reunir los Exes ópticos, por exemplo al punto D ó al punto E (*Fig.* 122).

Ahora pues quanto mas diſtante eſtá un Objeto menor convergencia tienen los Exes ópticos A E y B E que se van á reunir á una mayor diſtancia en E, y aqui es en donde colocamos el objeto. Por el contrario quanto mas cerca de noſotros eſtá un objeto mas convergencia tienen los exes ópticos A D y B D que se reunen á una diſtancia menor D, y aqui es adonde referimos naturalmente eſte objeto.

IV.° Quando la diſtancia del objeto á noſotros es *sumamente grande* no podemos eſtimarla, porque á cierta diſtancia los Exes ópticos A E y B E vienen á ſer ſensiblemente paralelos, y porque en el triángulo A E B la baſe conſtante A B viene á ſer como nula respecto de los lados A E y B E.

Eſta es la razon porque confundimos la *distancia de los Planetas y Estrellas* cuyos rayos que forman nuestros Exes ópticos no tienen una convergencia ſuficiente para hacer ſensible á nueſtros ojos su diferente diſtancia.

La intensidad de la luz deſpedida ó reflexada por eſtos Cuerpos celeſtes no puede en eſte caſo ſuplir la falta de los Exes ópticos, porque no eſtamos habituados á eſtimar por medio del inſtinto natural la intensidad mayor ó menor que debe tener la luz á tales dis-

tancias, que son siempre sensiblemente las mismas para nosotros.

748. NOTA. Se puede tambien estimar sobre poco mas ó menos la distancia de los Objetos *con un ojo solo*, pero esta estimacion es siempre mas difícil y menos exâcta. Esta estimacion quando el objeto no está muy distante se hace por medio de los ángulos R C A y R C B que forman los rayos C A y C B sobre el único exe óptico R C (*Fig.* 102). Sobre lo qual conviene hacer estas dos observaciones.

I.° El objeto D se verá en la línea A D *a* si se le mira con un ojo solo A, en la línea B D *b* si se le mira con un ojo solo *b*, y en la linea C D *c* si se le mira á un tiempo con los dos ojos A y B (*Fig.* 122).

II.° Sea en el punto D á una distancia de tres ó quatro pies una *Sortija colgada de un hilo*, de modo que su plano esté en la direccion C D, y el ojo no pueda ver su hueco. Si tomando un palo que tenga á su extremidad una varita transversal que quepa en el hueco de la sortija, queremos meter en él esta varita lo conseguirémos fácilmente si hacemos esta operacion mirando á la varita y sortija con ambos ojos. Pero si lo queremos hacer cerrando uno de ellos darémos siempre ó casi siempre con la varita transversal ya en uno, ya en otro lado de la sortija: lo que hace ver de quanto sirve para la estimacion de las distancias la Convergencia de los dos Exes ópticos en D.

APLICACION DE ESTOS VARIOS AXÎOMAS Ó PRINCIPIOS A LA VISION.

749. COROLARIO I. *Dos Lineas ó dos Superficies paralelas deben parecer convergentes á un ojo que las observa colocado entre ellas, y si éstas dos líneas ó superficies son de una longitud inmensa debe parecerle que se tocan en la extremidad opuesta á él.* (Fig. 116).

EXPLICACION. Sean dos Hileras de árboles parale-

las M N y R S entre las que esté colocado el ojo A.

I.° La *Distancia siempre igual* que separa los Arboles correspondientes debe parecer al ojo otro tanto mayor quanto mas cerca de él están los árboles, y otro tanto menor quanto éstos están mas léjos, porque el ojo A ve la distancia que separa los dos primeros árboles correspondientes baxo del ángulo óptico 1 A 1; La distancia que separa los dos árboles siguientes de cada hilera baxo del ángulo óptico 2 A 2; La distancia que separa los dos quintos árboles correspondientes de cada hilera baxo del ángulo óptico 5 A 5, y así proporcionalmente los demas árboles.

Es así que estos *Angulos ópticos* van descreciendo desde el primero al último. Luego los espacios que comprehenden que son las distancias de los árboles correspondientes deben parecerle que descrecen como estos ángulos ópticos (737). Luego las Líneas paralelas M N y R S deben parecerle convergentes, deben parecerle que se aproxîman al paso que se alejan del ojo.

II.° Si las dos extremidades N y S de estas Líneas ó superficies paralelas estan sumamente distantes del ojo deben parecer que se tocan; porque á una distancia muy grande del ojo la distancia constante N S se ve baxo del Angulo óptico N A S el qual será como infinitamente pequeño si los dos lados A N y A S son sumamente grandes (736).

Así la distancia N S de una legua de ciento ó de cinquenta millones de leguas vista baxo de un Angulo óptico de treinta segundos poco mas ó ménos será insensible á la vista, y parecerá que los dos puntos N y S que no aparecerán sensiblemente separados se confunden en uno solo y mismo punto (741).

Por esto se comprehende que dos Estrellas distantes una de otra cinquenta ó cien millones de leguas deben parecernos contigüas porque el espacio que las separa una de otra es como infinitamente pequeño en comparacion del espacio que las separa de nosotros, y porque á la distancia á que están las Estrellas un espacio de cin-

cinquenta ó cien millones de leguas no es baftante considerable para que termine un arco de treinta fegundos, que es baxo del qual los objetos y diftancias se empiezan ya á hacer infensibles á la vifta.

750. NOTA. Efta teoría se aplica como por sí misma á muchísimos fenómenos interefantes.

I.° Por efta razon todo *Quadrilongo*, por exemplo una gran Calle formada por dos hileras de árboles paralelas, una larga Galería formada por dos paredes paralelas, y una vafta Pradera comprehendida entre dos canales paralelos nos parece que se eftrechan hácia la extremidad opuefta al sitio defde donde las vemos. Porque la diftancia aunque la mifma por todas partes en efte quadrado se traza á nueftro ojo baxo de un Angulo óptico mucho mayor cerca de nofotros, y baxo de ángulos ópticos siempre menores léjos de nofotros (*Fig.* 116).

II.° Efta mifma razon es por la que un hombre puefto de pies á la orilla de un Lago de quatrocientas ó quinientas toefas de diámetro, en vez de ver la *Superficie del agua* en el horizonte fensible como lo eftá en efecto, se imagina que efta fuperficie se eleva cada vez mas fobre efte horizonte fegun que eftá mas léjos de él.

Porque fupongamos que la Linea R S reprefenta la *Superficie del agua*, aunque no haya aqui mas que una fola línea ó un folo plano R S, el ojo colocado en A á la altura de cinco pies poco mas ó menos fuple á la línea ó plano paralelo que falta por la direccion de su mirada A B que dirige paralelamente á la linea R S. Suponiendo pues inmóvil é invariable en su altura efta línea A B, el hombre de que hablamos eftima en todas partes la diftancia del agua refpecto de efta línea por los Angulos ópticos comprehendidos entre ella y la fuperficie del agua.

Así como se ve *esta distancia* fuccesivamente baxo de los Angulos ópticos defcrecientes B A R, B A 1, B A 2, B A 3, B A 4, B A 5 le parecerá que descrece fegun que difta mas del ojo, y la fuperficie del agua le parecerá que se acerca cada vez mas á la lí-

nea A B que ſupone siempre á una miſma altura.

III.° Si las dos líneas M N y R S repreſentan el Techo y Pavimento de una Galería muy larga nos parecerá que la línea M N se baxa ſegun que se va alejando del ojo porque éſte compara la altura M N con la direccion A B de su mirada, la que juzga á una altura siempre constante, y porque conforme á eſta ſuposicion ve la *distancia del Techo respecto de esta linea* A B baxo de los ángulos ópticos deſcrecientes B A M... B A 2... B A 5.

IV.° Eſta es tambien la razon porque nos parece que una ſerie de *Nubes paralelas al horizonte*, y muy distantes de noſotros se va baxando cada vez mas hácia el horizonte. El ojo refiere la diſtancia de eſtas nubes respecto del horizonte á una línea horizontal que él se traza, y que forma con la altura de las nubes ángulos otro tanto mas pequeños quanto éſtas eſtan mas diſtantes del ojo.

Por exemplo ſupongamos que la línea M N corresponde á cinco nubes elevadas como media legua ſobre el horizonte. El ojo deſpues de haber dirigido su mirada horizontal A B á la que refiere la altura de las nubes que obſerva, ve la diſtancia de la primera nube M reſpecto de la línea fixa A B baxo del ángulo óptico B A 1; la diſtancia ó altura de la ſegunda nube baxo del ángulo óptico menor B A 2, y la diſtancia ó altura de las nubes siguientes baxo de los ángulos ópticos siempre menores B A 3, B A 4, B A 5. De modo que si la altura de la última nube N no se preſenta al ojo sino baxo de un ángulo de 30 ó 40 ſegundos, eſta altura de media legua vendrá á ſer inſensible á la viſta, y nos parecerá que la nube N toca en el horizonte.

751. COROLARIO II. *Si un Observador sin percibirlo anda una Curva al rededor de un Punto inmóvil luminoso ó iluminado, le parecerá que este punto inmóvil ha dado vuelta al rededor de él* (Fig. 115).

EXPLICACION. Sea S el Punto inmóvil luminoso ó iluminado, el qual colocado en el cielo ſerá siempre viſto en un punto del firmamento. Sea tambien Z el ojo del

Observador que anda la curva Z X P O Z al rededor del punto inmóvil sin echar de ver que hace esta revolucion.

I.° Se ha de suponer que la parte *e* Z *a* del ojo está vuelta y dirigida hácia el Punto luminoso S durante todo el tiempo de su revolucion al rededor de él.

Quando el ojo está en Z ve el Punto luminoso en P en el exe ó direccion del Cono luminoso por el que es afectado (731 y 747).

Quando pasa sin percibirlo de Z á X ve el Punto luminoso en O en la direccion del rayo luminoso X S O.

Quando el ojo llegue á P verá el Punto luminoso en Z, y quando haya pasado de P á O le parecerá que el Punto luminoso ha pasado de Z á X.

Así pues le parecerá al Observador que se cree siempre inmóvil, que el *Punto luminoso* S ha andado al rededor de él la Curva P O Z X P con un movimiento opuesto é igual al que él efectivamente ha tenido.

II.° En esto se ve la explicacion anticipada de un grande fenómeno astronómico: á saber, *porque nos parece que el Sol inmóvil en el centro del Mundo planetario da una vuelta cada año al rededor de la Eclíptica*, siendo así que es la Tierra la que hace cada año su revolucion por la Eclíptica al rededor del Sol inmóvil en el centro del Mundo planetario. (777)

752. COROLARIO III. *Si un Observador da vueltas sobre sí mismo en un mismo sitio sin percibirlo, le parecerá que un Punto luminoso inmóvil que ve, ha descripto al rededor de él una Curva cuyo radio será la distancia de él al Punto luminoso.* (Fig. 119)

EXPLICACION I. Sea *a b c d* el ojo del Observador, el qual ojo dé vueltas sobre sí mismo en la direccion *a b c d* al rededor del centro inmóvil N. Sea tambien S el Punto luminoso ó iluminado inmóvil en el punto S, en el cielo por exemplo. La curva S N O M será la que le parecerá al Observador que describe *el punto inmóvil* S. *Esta curva puede representar la Eclíptica* á qual-

quiera otra Curva: nosotros supondrémos aquí que representa el Horizonte cuyo punto S será el Occidente, y el punto N el Norte.

Supongamos en primer lugar que el ojo *a b c d* es todo *Pupila*, y todo *Retina*; pupila del lado del punto luminoso, y retina del lado opuesto: de modo que en su revolucion sobre sí mismo pueda siempre ser afectado por el rayo luminoso que pasa por su centro *n*.

I.° El ojo colocado y fixo en *n* ve primeramente el Objeto S en la línea *c n a* S al Occidente S; y como él se cree inmóvil juzgará necesariamente que el objeto S ha mudado de lugar quando la luz despedida por este objeto afectará su retina en un punto diferente del punto *c*, pues que siempre vemos y referimos los Objetos en la línea recta tirada del punto en que la retina es afectada por el centro de la pupila hácia el objeto.

II.° Quando el punto *a* del ojo pase al punto *b*, el punto *d* estará en *a*, y el punto *b* en *c*. Entonces el rayo luminoso afectará la retina en *b*, y será visto en la línea recta *b n d* prolongada hasta S.

Como el ojo se cree inmóvil, y en vez de ser afectado como antes por la luz del objeto en *c* es afectado en *b* juzgará necesariamente que el objeto S ha pasado de S á N corriendo el arco S N de occidente á norte, igual y opuesto al arco *a b* que el mismo ojo ha corrido de occidente á medio-dia.

III.° Quando el punto *c* pase á *a*, el rayo luminoso afectará la retina en *a*, y el ojo verá el punto luminoso en la línea *a n c* prolongada hasta S que le parecerá estar en O.

Como el ojo se cree inmóvil juzgará que el objeto S que estaba en *n* ha pasado de *n* á *o* corriendo el arco *n o* de norte á oriente.

IV.° Quando el punto *b* pase á *a*, el rayo luminoso afectará la retina en *d*, y el objeto luminoso será visto en la línea *d n b* prolongada hasta S, que parecerá estar en M, y el objeto S parecerá que ha corrido el arco O M de oriente á medio-dia.

V.° Si el ojo eſtá siempre á la misma diſtancia del objeto S, ve siempre eſte objeto á la misma diſtancia de él, á ſaber á la cúspide del cono luminoſo *a* S; y la Curva que parece que ha descrito el punto inmóvil S al rededor del ojo es un círculo.

Como durante la revolucion *a b c d* del ojo el rayo luminoſo afecta ſuccesivamente todos los puntos de la retina, y el objeto ó punto luminoſo es siempre viſto á la extremidad del rayo luminoſo, eſte Punto S ſerá viſto ſuccesivamente á la extremidad de las líneas *c n a* S, *b n d* N, *a n c* O, *d n b* M; y así parecerá que eſte punto luminoſo S, ó si es un cuerpo que preſenta á la viſta una ſuperficie baſtante grande cada punto ſensible del objeto luminoſo ó iluminado S, ha descrito al rededor del ojo que se cree inmóvil una Curva en una direccion opueſta á la revolucion *a b c d* del ojo.

EXPLICACION II. Hemos ſupueſto que el Ojo del Obſervador es todo pupila y retina para hacer mas ſencilla é inteligible la explicacion y demoſtracion de eſte importante Corolario. Réſtanos hacer ver que eſta ſuposicion no altera ni deſtruye en nada la verdad que acabamos de explicar y probar.

El Obſervador vuelto primero hácia el punto luminoſo S le percibe por medio del rayo S *a n c* que paſa por medio de su pupila y afecta el medio de su retina *c*, y refiere eſte punto luminoſo hácia alguno de los principales puntos del mundo, por exemplo al Occidente. Y como se cree conſtantemente inmóvil, tiene siempre por *Occidente* el punto de donde debe partir el rayo luminoſo para paſar por medio de su pupila y afectar el medio de su retina. De consiguiente

1.° Quando la pupila *a* haya paſado á *b*, el Obſervador deberá tener por occidente el punto M, y por norte el punto S que tiene ya una direccion muy obliqüa hácia su pupila.

Y así le parecerá que el *Objeto luminoso* S ha dexado el occidente, y ha retrocedido por todo el arco M S de occidente á norte.

II.° Quando la pupila *a* haya pafado á *c*, el Obfervador debe tener por occidente el punto O, y por oriente el punto diametralmente opuefto á su pupila, el punto S.

Le parecerá pues que el objeto luminofo S ha retrocedido por todo el arco O M S caminando de occidente á norte, y de norte á oriente, y lo mismo le deberá fuceder en todos los demas puntos de su revolucion.

III.° Efte Corolario sirve para dar razon de un gran Fenómeno aftronómico, á faber *porque nos parece que el Sol y las Estrellas aunque inmóviles* dan cada dia vuelta al rededor de la Tierra siendo así que la Tierra misma es la que con todos fus habitantes da vuelta cada dia fobre su exe.

753. NOTA. Sirve tambien efte Corolario para dar razon de una *Ilusion óptica* que se experimenta con baftante freqüencia. Por exemplo un hombre que fentado fobre una barca y llevado rápidamente por la corriente de un rio fixa inmovilmente su vifta en la orilla cercana verá efta orilla huir detras de él con una velocidad proporcional á la de la barca que le lleva.

La razon es porque la luz reflexada por los objetos que hay en la orilla da fuccesivamente en diferentes puntos de su retina, la qual participa del movimiento de la barca. De donde se sigue que al pafo que se mirará como inmóvil en la barca deberá referir continuamente el mismo objeto á nuevos puntos del cielo ó del horizonte. Por exemplo (*Fig.* 118)

Sea R S el curfo del rio de occidente á oriente. El ojo *a r* del que fuponemos fentado en la barca herido por el rayo T *r* en medio de su retina referirá el objeto T al norte. Puefto su ojo en *d m* creyéndofe siempre en *r* herido por el rayo T *n* fuera del medio de su retina juzgará que el objeto T ha retrocedido hácia el occidente una quantidad correspondiente al ángulo *m d n*, ó que el objeto T ha andado hácia el occidente el espacio V T.

754. COROLARIO IV. *Quando los Objetos estan muy distantes del ojo la Vision es débil y confusa, y el ojo no puede percibir la verdadera figura, la verdadera postura, ni la verdadera distancia de los objetos.*

EXPLICACION. La razon es porque las varias partes de los objetos muy distantes se presentan al ojo baxo de ángulos ópticos muy pequeños, y se trazan en la retina baxo de imágenes muy pequeñas y muy poco iluminadas. Por exemplo

I.° Una *Torre quadrada* vista de muy léjos parece cilíndrica, porque los rayos que reflexan en ella y que se van siempre enrareciendo y debilitando á medida de que se alejan del punto reflexante, no son bastante sensibles ni eficaces para que trazen clara y distintamente en el ojo los ángulos en que termina, lo que hace que la Torre se trace en el ojo como sino tuviera ángulos, y por tanto como si fuera cilíndrica.

II.° Una *Hilera de árboles que forma un semi-círculo* parece á mucha distancia que está en línea recta; porque á mucha distancia la luz reflexada por los árboles un poco mas distantes es sensiblemente igual en densidad á la que reflecten los árboles un poco menos distantes, y porque los exes ópticos que se van á reunir en cada punto sensible de cada árbol son muy poco diferentes en convergencia para que nos hagan sentir que tal árbol está un poco mas ó ménos distante que tal otro.

Así pues las diferentes causas que nos hacen apreciar la *distancia de los Objetos* no tienen en el caso de que hablamos bastante influencia sobre nosotros para hacernos sentir la diferencia de distancia que hay desde cada árbol de por sí á nosotros en esta hilera circular de árboles. (747)

III.° Quando una *Araña* que no tiene mas que una vela encendida da vueltas sobre sí misma hácia el medio de una gran sala, le parece al Espectador colocado muy léjos al extremo de esta sala, que la vela que da vueltas describe alternativamente una línea recta en la pared opuesta.

La razon es porque nofotros referimos los objetos á la extremidad del rayo luminofo que afecta á nueftro ojo, y porque la fuma de todos los rayos luminofos que afecta nueftro ojo durante la revolucion circular de la vela encendida termina en la pared opuefta en diferentes puntos que forman fensiblemente una línea recta.

755. COROLARIO V. *La Luz que un Astro despide ó reflecte á nuestros ojos debe ser mas débil quando el astro está hácia el horizonte, y mas viva y fuerte quando está hácia el meridiano* (Fig. 135).

EXPLICACION. La Tierra eftá rodeada de una gran mafa de ayre que se eleva siendo cada vez mas rara á unas quince leguas fobre su fuperficie, y que eftá siempre cargada á lo menos en su parte inferior de una gran quantidad de vapores y exâlaciones (665 y 614).

Sea T el Globo terraqueo, *v a x t* la Atmósfera que le cubre, S el Sol ó la Luna, ó qualquier otro Aftro en el Horizonte, Z el Sol en el Meridiano, *m* y *a* la altura de la Atmósfera, *m* un ojo dirigido ya hácia S, y ya hácia Z.

Es evidente que efte conjunto de ayre de vapores y exâlaciones que forma la Atmosfera terreftre *v a x t*, debe debilitar la luz de efte aftro otro tanto mas quanto mas larga y voluminofa es la mafa que se opone á fus rayos.

Ahora pues es claro que quando el Sol eftá en el horizonte *m n* S, es necefario para que fus rayos vayan á iluminar á un ojo en *m* que atraviefen la Atmósfera terreftre en toda la longitud *m n*, en vez de que quando el Sol eftá hácia el Zenit en el meridiano *m a* Z fus rayos folo tienen que atravefar la Atmósfera terreftre en la longitud mucho mas corta *a m*.

De donde refulta que la *Luz del Sol quando está en el horizonte* debe fer mas débil, ménos viva y ménos fuerte que quando eftá en el Meridiano; y se puede decir lo mismo de la Luz de la Luna, Planetas, Cometas y Eftrellas.

Ex

EL ORGANO DE LA VISTA.

756. OBSERVACION. El Ojo, eſte globo prodigioſo en que se pinta de un modo inefable la Naturaleza visible es un verdadero *Telescopio de refraccion* en que se obſtenta toda la deſtreza del Supremo Artífice que le formó.

Eſte globo, eſte telescopio, eſte órgano de la vista, el *Ojo* eſtá compueſto principalmente de *Túnicas* que le cubren, de *Humores* que le ponen en eſtado de refractar convenientemente la Luz, y de *Nervios* que le inclinan, alargan, encogen é imprimen todos los movimientos neceſarios á ſus funciones.

757. DESCRIPCION I. Las principales *Túnicas del ojo* ſon la Cornea, la Coroyde y la Retina. (*Fig.* 101)

I.° La *Cornea* es la túnica mas exterior del ojo, que le cubre todo al rededor. Es esférica y opaca excepto en la parte anterior del ojo en la que es transparente y ſale afuera D P D.

Segun M. Petit célebre Médico y hábil Anatómico la parte transparente de la cornea en un adulto es un ſegmento de esfera cuyo diámetro es de unas siete líneas, cuya cuerda es de unas cinco, y cuyo grueſo es de unas dos ó tres duodécimas partes de línea.

II.° La *Coroyde* es la ſegunda túnica del ojo á quien cubre tambien todo al rededor. En el feto es blanquecina, y en el adulto entre morena y roxa. Eſta túnica opaca por su naturaleza tiene en el medio un orificio circular *v v* que se llama *Pupila*, y que sirve de dar paſo á la luz para que penetre al fondo del ojo. La parte de la Coroyde que forma un círculo al rededor del orificio *v v*, y que se transparenta por la Cornea, se llama *Iris* á cauſa de la variedad de ſus colores.

La Coroyde se encoge y eſtiende ſegun es neceſario para aumentar ó disminuir el diámetro de la pupila, y poder de eſte modo recibir un volúmen mayor ó menor de rayos A P C *a*.

III. La *Retina* es la tercera y última túnica del ojo á quien cubre en toda su parte interior *r a s* C. El espacio casi esférico *r a s* C cubierto por la retina eftá vacío.

La Retina es transparente debaxo de la pupila, y negruzca y cubierta de una infinidad de nerviecitos en el fondo del ojo *r a s*.

758. DESCRIPCION II. Los principales humores del ojo, los que contribuyen á la refraccion conveniente de los rayos A P fon el humor aqueo, el humor criftalino, y el humor vitreo (*Fig.* 101)

I.° El *Humor aqueo* es un humor claro, ferofo, limpio, y baftante femejante al agua pura. Eftá entre la Cornea y la Coroyde encerrado entre dos membranas futiles y transparentes. Su figura es la de un menisco, convexô de un lado y cóncavo de otro como los Vidrios con que se cubren las Mueftras.

II.° El *Humor cristalino*, ó simplemente el *Cristalino* es una especie de pequeña lente fólida C de unas quatro líneas de largo, convexâ de ambos lados, y situada debaxo del humor aqueo y la pupila.

El Criftalino no es abfolutamente necefario para ver, pues que hay perfonas á quienes se les ha quitado totalmente en la operacion de las Cataratas, y que no obstante ven muy bien despues.

III.° El *Humor vitreo* es un cuerpo muy transparente, mas viscofo que el humor aqueo, menos fólido que el criftalino, un poco cóncavo en su parte anterior en que el Criftalino eftá como engaftado, y baftante convexô en su parte pofterior que mira al fondo del ojo.

Al rededor de efte cuerpo transparente, de efte Humor vitreo se ve un arco de *Fibras musculares* que mediante su contraccion y expansion pueden alejarle y acercarle á la pupila y retina.

759. DESCRIPCION III. Los *Nervios* fon cordones blanquecinos de diferente gruefo, fusceptibles de contraccion y expansion, principios del movimiento, y órganos ó fedes del fentimiento (*Met.* 794).

I.° El Ojo tiene ſus *Nervios principios del movimiento*, por medio de los quales se mueve de abaxo arriba, de arriba abaxo, de derecha á izquierda, y de izquierda á derecha: hace mas ó menos convexâ su Cornea, da mas ó menos anchura á su Pupila, y lleva hácia adelante, ó retira hácia atrás las Membranas en que se contienen ſus diferentes Humores ópticos, y principalmente el Criſtalino.

II.° El Ojo tiene ſus *Nervios órganos del sentimiento.* El principal de ellos, el único que merece en eſte Tratado una atencion particular es el Nervio óptico O *r s* en el que se executa la vision.

El *Nervio óptico* viene del cerebro dividido en una multitud de ramificaciones, y se esparce por el fondo del ojo en infinitos cordoncitos que el Microscopio repreſenta como los pelos de un terciopelo.

Eſte *Terciopelado* ſegun la opinion mas general eſtá en la Retina, y ſegun la opinion de M. le Cat rechazada y combatida fuertemente por M. Haller y otros varios Anatomicos célebres eſtá en la Coroyde colocada debaxo de la Retina transparente y sin color.

ARTIFICIO DE LA VISION.

760. OBSERVACION. Para que se verifique la *Vision*, es neceſario que los rayos despedidos ó reflexados por los Objetos ſensibles trazen por su coincidencia una imágen clara y diſtinta de eſtos objetos en el fondo del ojo ſobre el Nervio óptico; ſea que eſte Nervio óptico eſté en la Retina, ſea que eſté en la Coroyde contigüa á la retina. Por exemplo (*Fig.* 101)

El Cono luminoſo A P compueſto de rayos divergentes nunca iria á coincidir y formar una imágen en el fondo del ojo en el punto *a*, si eſtos rayos divergentes no padecieſen en el ojo unas refracciones capaces de darles un punto comun de reunion y concurſo. La naturaleza y configuracion del ojo les da eſta condicion eſencial á la Vision, como lo vamos á explicar.

I.° La Cornea y el Humor aqueo ſon para la Luz medios mas facilmente penetrables que el ayre ; y así los Rayos A P que paſan obliqüamente del ayre á eſtos medios se acercan á su Perpendicular P C , que en un Medio convexô es una línea recta tirada desde el punto de incidencia al centro de la curvatura. (403 y 408)

Padecen pues eſtos *Rayos divergentes* A P así que entran en el ojo , una primera refraccion que les acerca unos á otros , y hace que lleguen mas condenſados á la Pupila C.

II.° El Criſtalino C es para la Luz un Medio todavia mas facilmente penetrable que el Humor aqueo, así como el Vidrio es para ella un Medio mas fácil y menos reſiſtente que el Agua.

Eſte *Cristalino* cuya configuracion es lenticular hace el oficio de una Lente , y refractando fuertemente los rayos A P C les acerca considerablemente unos á otros, les hace *Convergentes* en la direccion C N , y aun les haria coincidir en N antes de llegar á tocar en el fondo del ojo.

III.° El Humor vitreo colocado debaxo del Criſtalino es para la Luz un Medio menos denſo y mas dificilmente penetrable que el Criſtalino. Y así los *Rayos demasiado convergentes* C N padecen en eſte nuevo Medio una *nueva Refraccion* que les hace menos convergentes y les ſepara lo baſtante para hacerles que vayan á coincidir fixamente al fondo del ojo en *a*.

Eſte es el admirable Mecanismo mediante el qual el Objeto A se pinta en el fondo del Ojo , y el Alma percibe la *imágen de este objeto* con ocasion y mediante la conmocion que produce eſte manojo de Rayos coincidentes en las fibras infinitamente delicadas y ſensibles del Nervio óptico , las quales no ſon otra coſa que el Afelpado ó Terciopelado que se obſerva en el fondo del ojo.

IV.° Igualmente de cada punto del Objeto A D B parten hacecitos de *Rayos divergentes* que el Ojo refrac-

ta, vuelve convergentes y hace coincidir en diferentes puntos de su Retina (*Fig.* 117).

El punto A va á pintarse en *a* por medio del rayo refractado A R *a*, el punto D se va á pintar en él por medio del rayo refractado D R *d*, y el punto B se va á pintar en *b* por medio del rayo refractado B R *b*.

Lo mismo se puede decir de cada punto sensible del Objeto. Cada punto del Objeto se va á pintar sobre un punto particular de la Retina *a d b* mediante un cono luminoso que reflecte de sí y envia al Ojo, y que el Ojo refracta y hace coincidir en un mismo punto asemejandose bastante en esto á un Espejo convexô ó á una Lente. De este modo todo el Objetó visible tiene su *imágen clara y distinta* en el fondo del Ojo, en donde el alma la percibe con ocasion de la conmocion sensible que producen en él los rayos que la trazan.

V.° Por esto se comprehende *como vemos á un mismo tiempo una multitud de Objetos sin confusion alguna.* La razon es porque cada Objeto colocado fuera del ojo en diferentes puntos del espacio traza necesariamente su imágen sobre diferentes puntos de la Retina.

Un Objeto puesto en A no puede pintarse en otro punto que en *a*. Otro Objeto puesto en B no puede pintarse en otro punto que en *b*. Cien Objetos intermedios solo se pueden pintar sobre otros tantos puntos intermedios de la Retina *a d b* á distancias proporcionales á los ángulos baxo de los quales los rayos despedidos ó repercutidos por ellos vienen á refractarse al ojo.

Quando estos Objetos á causa de su pequeñez, distancia, ó falta de iluminacion suficiente hacen en el ojo una impresion demasiado débil, ó trazan en él una imágen demasiado pequeña dexan de ser visibles, y el Alma no los ve porque no hacen sobre las fibras de la Retina una impresion bastante clara y sensible para que consigan excitar la atencion del alma (728, 741, 744).

MIOPES Y PRESBYTAS.

761. OBSERVACION. No todos los Ojos tienen exâctamente un mismo grandor y configuracion de partes. De aquí la *diferencia de Vistas.* Unos tienen la Cornea mas convexâ, otros mas aplanada: De aquí una inflexîon desigual en los mismos rayos, los quales refractan otro tanto mas fuertemente quanto mas convexô y obliqüo á su línea de incidencia es el medio refractante. El Criſtalino es tambien verosimilmente como una Lente, mayor en unos que en otros, en unos mas y en otros menos convexâ, y mas ó menos apropósito para refractar los rayos y abultar los objetos. De donde se sigue que no deben siempre *unos mismos objetos* ſer viſtos on la misma claridad y baxo del mismo grandor abſoluto por diferentes Perſonas.

De eſtas varias *diferiencias de Vistas* no considerarémos aquí mas que tres. La de los Miopes, la de los Présbytas, y la que reune las perfecciones de eſtas dos Viſtas opueſtas sin tener ſus defectos. (*Fig.* 101)

1.° Los *Miopes* ven claramente los Objetos cercanos, y confuſamente los diſtantes. Eſto proviene de que su ojo es como un *Vidrio muy convexô* que refracta fuertemente los rayos.

Los rayos que vienen al ojo del Miope de cada punto de un *Objeto muy cercano* ó muy poco diſtante tienen demasiada divergencia.

El Ojo del Miope siendo muy convexô en su cornea D P D, ó en su cristalino C refracta con mucha fuerza los rayos divergentes A P, y los hace coincidir juſtamente en *a* ſobre la retina, y así la vision es clara y diſtinta (734 y 760).

Por el contrario los rayos que vienen de cada punto de un *Objeto muy distante* tienen muy poca divergencia, y refractando el Ojo del Miope con mucha fuerza los rayos muy poco divergentes A P, los hace coincidir en N, desde donde van divergentes á eſparcirſe ſo-

bre la retina sin producir en ella una impresion clara y diſtinta, y así la Vision es débil, confuſa y aun nula.

Los Miopes tienen necesidad para ver los objetos muy diſtantes de un *Vidrio cóncavo*, que aumentando la divergencia de los rayos poco divergentes A P antes que lleguen al ojo, les aparte lo ſuficiente para que mediante la refraccion que padecen en el ojo puedan coincidir exâctamente en el punto *a* de la retina.

II.° Los *Présbytas* ven claramente los Objetos diſtantes, y confuſamente los cercanos. La razon es porque su ojo mas aplanado que lo neceſario es como un Vidrio poco convexô que refracta muy poco los rayos.

Los rayos A P que parten de cada punto de un *Objeto muy distante* tienen muy poca divergencia, y refractándolos débilmente el Ojo présbyta les hace coincidir exâctamente en el punto *a* de la retina, y la Vision es clara y diſtinta.

Por el contrario los rayos que parten de cada punto de un *Objeto poco distante* tienen mucha mas divergencia, y refractándolos débilmente el Ojo présbyta, les haria coincidir en M mas allá de la retina; Y así eſtos rayos A P M llegan á la retina divididos y eſparcidos, y no hacen en ella una impresion comun y reunida; de lo que proviene que la Vision siempre afecta á una impresion hecha ſobre un miſmo punto de la Retina por los rayos que parten de un miſmo punto del Objeto visible es débil, confuſa y aun nula.

Los Présbytas tienen necesidad para ver los Objetos muy poco diſtantes de un *Vidrio convexô* que diſminuyendo la divergencia de los rayos muy divergentes A P antes que entren en el ojo, supla la falta de virtud refractante que tiene el ojo, haga convergentes eſtos rayos A P, y los diſponga á que vayan á coincidir preciſamente en el punto *a* de la retina deſpues de las nuevas refracciones que padecen en los Humores del ojo.

III.° Un *Ojo perfectamente bien conformado* es el que ve diſtintamente así de cerca como de léjos, teniendo la facultad de convertirſe alternativamente en Ojo mio-

pe ó alongado quando mira objetos poco diſtantes, y en présbyta ó aplanado quando mira objetos muy poco diſtantes.

Eſta facultad de hacerſe mas convexô ó mas plano, reside principalmente en los músculos y fibras ciliares que rodean el *Cristalino*, y que verosimilmente pueden aproxîmarle á la Cornea, ó alejarle de ella.

Es tambien probable que las fibras y múſculos que terminan en las Túnicas y Membranas del ojo pueden dar á eſte maravilloſo Organo un poco mas ó menos convexîdad segun sea neceſario, ya sea haciendo un poco mas convexâ y oblongada la Cornea D P D, ya sea haciendo un poco mas cóncava, y retirando un poco mas atrás la Retina *r a s* en que se trazan las imágenes de los Objetos.

REFRACCION ASTRONÓMICA.

762. DEFINICION. Llámaſe *Refraccion Astronómica* la inflexîon que recibe la Luz de los Aſtros al atravesar la Atmósfera terreſtre (755) quando da en ella obliqüamente (*Fig.* 135).

I.° La Atmósfera que rodea y cubre nueſtro Globo es un Medio ſensiblemente esférico, mas facilmente penetrable para la Luz que el eſpacio que hay mas allá de eſta Atmósfera (qualquiera que sea la cauſa de eſte fenómeno). *Debe pues la Luz al penetrar obliqüamente en este nuevo Medio padecer una refraccion bastante semejante á la que padece al pasar obliqüamente del ayre al agua.* (408)

El rayo S *n* por exemplo, se acercará á su perpendicular que es una línea recta *n* T tirada desde el punto de incidencia en la Atmósfera *n* al centro de su curvatura que es el centro miſmo de la Tierra.

II.° La Atmósfera que cubre la Tierra no tiene igual densidad por todas partes: las capas cercanas a la ſuperficie del globo ſon mucho mas denſas que las ſuperiores, las quales se van enrareciendo cada vez mas desde las mas baxas haſta las mas altas (662). Si la Virtud re-

refractante de la Atmósfera es por todas partes proporcional á la diferente densidad de ſus capas como es bastante verosimil, *al atravesar la Luz todas las capas de la Atmósfera padecerá una refraccion siempre creciente desde las mas altas hasta las mas baxas.*

Por consiguiente si ſuponemos la Atmósfera dividida en capas concéntricas, refractándoſe en las diferentes capas de la Atmósfera el rayo obliqüo R *b* describirá la línea curva *b d m* acercándoſe siempre cada vez mas á ſus perpendiculares ſuccesivas *b* T, y *d* T, al paſo que la Potencia refractante se aumente con la densidad de las capas, y el Aſtro R de donde viene el rayo R *b d m* ſerá viſto en *r* por un ojo pueſto en *m*. (731)

III.° La Refraccion va deſcreciendo deſde el Horizonte hasta el Zenit del Obſervador.

La razon es porque el rayo por el que el Obſervador ve á eſte Aſtro ſubir del horizonte al zenit atravieſa otro tanta menor porcion *n m*, y *a m* de la Atmósfera quanto mas cerca del zenit eſtá el Aſtro.

IV.° Todos los Aſtros que eſtan á una miſma altura ſobre el horizonte ſean mas, ſean menos luminoſos ó iluminados, eſten mas ó eſten menos cerca de la Tierra padecen igual Refraccion.

La razon es porque la Refraccion no depende ni de la diſtancia del aſtro, ni de la quantidad de su luz, sino simple y únicamente de la Atmósfera que exerce su Potencia refractante ſobre el rayo qualquiera que la penetra, ſea el que quiera su orígen y densidad.

V.° La Refraccion de un miſmo Aſtro en un miſmo punto del Cielo no es perfectamente conſtante, ó siempre igual á sí miſma.

La razon es porque debe participar de todas las variaciones de la cauſa refractante que es el ayre, el qual eſtá ya mas ya menos condenſado, ya mas ya menos cargado de exâlaciones y vapores.

VI.° Conſta por las Obſervaciones aſtronómicas, que la Refraccion es de unos 33 minutos en S y R en el horizonte; de unos tres y medio en *s* y *r* á 15 grados ſo-

fobre el horizonte ; como de 1 minuto en N á 45 grados fobre el horizonte ; y como de 10 fegundos en M á 80 grados fobre el horizonte ; y en fin que es totalmente nula en Z en el zenit.

LOS CREPUSCULOS.

763. DEFINICION. El *Crepúsculo* es aquella luz que se aumenta ó difminuye por grados infensibles por la mañana desde el romper del dia hafta el falir del Sol , y por la tarde defde ponerfe el Sol hafta cerrar la noche. Por lo comun se da el nombre de *Aurora* á la luz que precede á la salida del Sol , y el de *Crepúsculo* á la que sigue á su ocafo.

Confta por las Obfervaciones , que el Crepúsculo empieza y acaba quando el Sol eftá á unos 18 grados debaxo del horizonte , es decir una hora y doce minutos antes de falir y defpues de ponerfe ; pero que éfta *duracion del Crepúsculo* es mayor en los Solsticios que en los Equinoccios , mayor en la Esfera obliqüa por exemplo en la Europa , que en la Esfera recta debaxo del Eqüador.

EXPLICACION. Sea el Sol que hace su revolucion real ó aparente debaxo del horizonte R T S desde media noche hafta que se dexa ver en el horizonte. (*Fig.* 135)

I.° Es claro que el Sol puefto debaxo de T *t* , ó de T *x* en el Nadir ó no léjos del Nadir no puede defpedir á el ojo puefto en *a* ninguno de fus rayos por fer todos detenidos y repelidos por la mafa opaca de la Tierra T.

II.° El Sol pafa fuccesivamente debaxo del horizonte R T S desde R hácia G. En llegando á G á unos 18 grados debaxo del horizonte S defpide hácia todas partes rayos divergentes fobre la Atmósfera terreftre , los quales teniendo diferentes grados de *Refrangibilidad* padecen unos mas , y otros menos refraccion (616).

Entre los rayos que defpide el Sol defde el punto G consideremos folo el hacecillo de rayos G *n* , que es

el solo que puede inclinarse hácia el ojo puesto en *m*. De estos rayos G *n* los mas refrangibles y mas refractados empiezan á ir en muy corto número al ojo *m* por la línea torcida G *n* *m*, al paso que los menos refrangibles, menos refractados y menos inclinados se van á perder sobre el ojo en *a*. Colocado pues el Sol en G empieza el ojo *m* á recibir con gusto una débil impresion de luz que le prepara á la dichosa vuelta de este Astro que debe iluminar y vivificar la Naturaleza.

Estos *Rayos mas refrangibles y mas refractados* caen sobre los Objetos terrestres que los repercuten á el ojo *m* que por este medio empieza á distinguir los objetos que estan muy cerca de él.

III.° A medida de que el Sol sube de G á S, la luz se aumenta succesivamente sobre la superficie terrestre en que está el ojo. Porque á proporcion de que el Sol se acerca al horizonte los rayos menos refrangibles que iban á perderse en la Atmósfera encima del horizonte, se refractan é inclinan suficientemente para poder caminar sobre el horizonte juntamente con los rayos mas refrangibles. De donde proviene que los Objetos terrestres reciban ya una quantidad abundante de rayos que reflexando en ellos les hacen mas visibles.

IV.° Los rayos del Sol refractados quando este Astro está todavia algun tanto debaxo del horizonte, dan ya una luz suficiente para anunciar su próxîma llegada é iluminar enteramente los objetos terrestres, pero no pueden todavia trazar en el ojo la *imágen misma del Sol.*

La razon es porque estos rayos desigualmente refractados y demasiado esparcidos no llegan todavia al ojo con la densidad y combinacion que les son necesarias para poder trazar en la retina la imágen de este Astro, la qual debe resultar de una impresion hecha por rayos bastante densos y combinados sobre poco mas ó menos en los mismos términos que lo estan quando parten del Sol.

V.° El Crepúsculo de la tarde es comunmente un poco mas largo que el de la mañana; porque la Atmósfera

cuerpo puesto doscientos ó trescientos pies mas abajo en D aun permanecerá precisamente en equilibrio con esta balanza. La razon de esto es porque la *Gravedad de los cuerpos terrestres* crece y descrece en razon inversa de los quadrados de sus distancias al centro de la tierra, y por consiguiente si se compara el quadrado del simple rádio terrestre con el quadrado del mismo rádio aumentado ó disminuido cien toesas por exemplo, se sacará que sus diferiencias son como infinitamente pequeñas; todo lo qual se puede ver por medio del cálculo con solo el trabajo de formar esta proporcion: La pesantez de un cuerpo puesto en C es á la pesantez del mismo cuerpo puesto en D, como el quadrado del rádio terrestre que termina en D, al quadrado del mismo rádio que finaliza en C.

Suponiendo la distancia C D de 100 toesas, la diferiencia de los dos quadrados y por consiguiente de las dos pesanteces será como una parte de noventa mil, que es una quantidad infinitamente pequeña y necesariamente insensible.

IV.° Asi aunque la Gravedad ó Pesantez de los cuerpos sea una *Potencia realmente variable*, quando obra á distancias notablemente diferentes del centro de la tierra se la puede y debe considerar con Galileo como una *Potencia sensiblemente constante y uniforme* con relacion á las diferentes elevaciones en que podemos observar la caida de los Graves cerca de la superficie de la tierra.

En otro lugar harémos ver que si un Cuerpo pesa mas, baxo de los Polos que baxo del Equador es porque en los Polos está mas cerca del centro de la tierra seis ó siete leguas á lo menos: lo que es una quantidad notable que debe causar una diferiencia sensible asi entre los *Quadrados de las distancias* como entre las Pesanteces que dependen de ellos. (255, y 492.)

PRIMERA PROPOSICION FUNDAMENTAL.

365. *La Gravedad sea la que quiera su naturaleza y su causa, debe ser mirada como una fuerza siempre inherente*

ó siempre aplicada al Móvil, la qual por medio de impulsiones siempre nuevas é iguales le solicita continuamente á acercarse al centro de su movimiento con una velocidad que á cada instante está creciendo.

Demostracion. I.° Si la Gravedad fuese una fuerza extrínseca al Móvil; una fuerza que despues de haberle impreso su impulsion cesase de obrar en él, el Móvil en virtud de la impulsion recibida se moveria con un movimiento uniforme sin aumentar su velocidad. Porque ¿como y por que la aumentaria sino hay causa alguna que obre de nuevo sobre él?

Pero está demostrado por la experiencia que el Móvil aumenta á cada instante su velocidad. Luego la Gravedad no es una causa extrínseca al Móvil, que cese de obrar sobre él despues de haberle impreso su impulso. Luego debe considerarse como una causa siempre unida é inherente al Móvil, la qual por medio de *impulsos no interrumpidos* le imprime á cada instante una nueva velocidad, un nuevo grado de tendencia hácia el centro de su movimiento.

II.° Como la Gravedad es una fuerza real ó equivalentemente *intrínseca é inherente al Móvil*, sea la que quiera la velocidad del Móvil, siempre estará éste sujeto á su accion. Luego qualquiera que sea la velocidad del Móvil sea en la direccion, sea contra la direccion de su gravedad, ésta obra siempre sobre él, y exerce igualmente contra él sus impulsiones que repite sin cesar.

III.° Aunque no podamos valuar el *Número de impulsiones* que hace la Gravedad contra el Móvil durante el primer tiempo determinado de su caida, por exemplo en el *primer segundo*, sin embargo podemos juzgar con seguridad que esta causa constante é invariable en sí misma, intrínseca é inherente al Movil exercerá contra él durante el segundo tiempo de su caida el mismo número de impulsos, que en el primero; y que lo mismo se debe decir del tercero, quarto, quinto y sexto tiempo, &c.

Luego el Móvil en cada tiempo determinado de su

en el Cielo una larga cola á modo de cavellera, lo que ha sido causa de que se les dé el nombre de Cometas. De *cometes Cometa*: Astro con cavellera: *Astra cometa.*

765. NOTA. Tres grandes Hombres que han florecido en estos últimos siglos son los que mas han contribuido á elevar la Astronomía al punto de perfeccion que tiene hoy en la Europa ilustrada: *Copérnico* que descubrió el verdadero Systema del Mundo, ó la verdadera colocacion de los Cuerpos celestes: *Keplero* que dió á conocer las verdaderas Leyes de sus movimientos; y *Newton* que atinó con las verdaderas Causas de estos movimientos y revoluciones.

I.° Antes de Copérnico se tenia la extravagancia de hacer al Sol, los Planetas y las Estrellas dar vueltas al rededor de la Tierra inmóvil en el centro del Firmamento. De aquí resultaba en los Astros un curso chocante, un curso diametralmente opuesto á toda teoría del Movimiento.

Copérnico puso la Tierra en su verdadero sitio, en la clase de los Planetas: colocó al Sol inmóvil en el centro del Mundo planetario, é hizo de las Estrellas otros tantos Soles inmóviles, destinados á iluminar á otros Planetas ó Astros opacos que debian errar al rededor de cada uno de estos Soles.

II.° Antes de Keplero, despues aun de Copérnico no se conocia, ó no se conocia sino muy mal el curso de los Planetas que se suponia circular.

Keplero descubrió que los Planetas ya mas, ya menos distantes del Sol hacian sus revoluciones periódicas al rededor de este Astro, no en círculos sino en elipses, segun dos Leyes generales conforme á las que se podian calcular todos sus movimientos, y de las que Newton supo hacer tan grande uso.

III.° Antes de Newton, despues aun de Copérnico y Keplero se ignoraba la Causa ó Principio físico que retiene en su órbita á los Planetas durante su revolucion al rededor del Sol.

Newton hizo ver que esta causa era su Pesantez

ó Gravitacion hácia el Sol centro comun de ſus movimientos, y demoſtró que eſta gravitacion ó peſantez en un mismo Planeta, por exemplo en la Tierra ó en Júpiter era siempre en ıazon inverſa *del quadrado de las distancias* del Planeta al Sol, y que de la influencia de éſta peſantez ó gravitacion de los Planetas hácia el centro del Sol provenian todos los grandes Fenómenos celeſtes.

En eſta Obra elementar nos ceñirémos á explicar y probar bien lo que concierne al Siſtema de Copérnico, á los Vacíos de Newton, y á las Leyes de la Atraccion univerſal.

SECCION PRIMERA.

EL SISTEMA DE COPERNICO, Ó EL VERDADERO SISTEMA DEL MUNDO.

766. OBSERVACION. Ariſtarco de Samos, Pitágoras y algunos otros Filóſofos de la célebre Antigüedad habian llegado á entrever que el Sol debia eſtar inmóvil en el centro del Mundo Planetario, y que la Tierra debia ſer un Planeta que erraſe al rededor del Sol. Pero eſta Opinion mal expueſta, mal explicada y mal combinada habia parecido un simple ſueño, y habia caido en un total olvido. Un Hombre grande la exâmina, profundiza y preſenta baxo de su verdadero aspecto al principio del Siglo XVI, y quando antigüamente habia sido despreciada como un ſueño, ha sido en fin generalmente adoptada en eſtos últimos Siglos como el verdadero Siſtema del Mundo.

Eſte grande Hombre fué *Copérnico,* natural de Thorn en la Prusia Real, y Canónigo que fué de Varmia. He aqui en pocas palabras su idea que expondrémos mas por extenſo en toda eſta primera Seccion. (*Fig.* 124)

I.° *En el centro sensible del Mundo planetario* eſtá si-

tuado el Sol inmóvil F, centro comun de todos los movimientos de los Planetas.

Las Eſtrellas ſon otros tantos Soles inmóviles al rededor de los quales es verosímil que hagan ſus revoluciones unos Planetas ſemejantes á los que ilumina y da color nueſtro Sol.

II.° *Al rededor del Sol inmóvil* F hacen ſus revoluciones ſeis Planetas principales, que ſon Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter y Saturno.

La Tierra T tiene una Luna; Júpiter I tiene quatro; Saturno S cinco, las quales hacen ſus revoluciones aparte al rededor de su Planeta, al mismo paſo que éſte Planeta que los arraſtra consigo hace su revolucion mas ó menos lenta al rededor del Sol.

III° La *Tierra-planeta* tiene tres movimientos diferentes, que ſon:

Un *Movimiento diurno* de Occidente á Oriente al rededor de su exe siempre ſensiblemente paralelo á sí mismo, en virtud del qual nos parece que todo el Cielo da vuelta en direccion contraria de Oriente á Occidente en el eſpacio de 24 horas. (*Fig.* 127)

Un *Movimiento anual* en la Eclíptica, y ſegun el órden de los Signos *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *a* en virtud del qual nos parece que el Sol inmóvil corre la Eclíptica ſegun el órden de eſtos Signos en el espacio de un año.

Un *Movimiento retrógado* en todos los puntos de su maſa de Oriente á Occidente, y paralelamente á la Eclíptica. Eſte movimiento es muy lento, y en virtud de él nos parece que todas las Eſtrellas aunque inmóviles caminan hícia adelante cada año ſegun el órden de los Signos, y se acercan ó alejan un poco del Eqüador haciendo una revolucion entera ſegun el órden de los Signos al rededor de los Polos P y O de la Eclíptica en el espacio de 25,740 años.

IV.° Así ſegun Copérnico el Sol eſtá fixo é inmóvil en S en el centro ſensible del Firmamento, ó de la Region de las Eſtrellas, y la Tierra T ó E al mismo tiempo que hace cada dia una *Revolucion al rededor de*

su

su exe v x de Occidente á Oriente hace cada año *otra al rededor de la Eclíptica* E C E de Occidente á Oriente segun el órden ó serie de las Constelaciones *h a b d n g h* que estan distribuidas en el Zodiaco. (*Fig.* 127)

El *Zodiaco* es en el Firmamento una grande faxa circular de unos 16 grados de anchura, atravesada por el medio de toda su circunvolucion por la Eclíptica ó por la curva E C E que describe en un año el centro de la Tierra-planeta. Dentro de esta Zona circular se comprehenden las diferentes curvas de todos los Planetas principales que dentro de ella cortan cada uno la Eclíptica baxo de ángulos de diferente grandor.

V.° Pensaba Copérnico que las órbitas *m n m* T D T, K I K de los diferentes Planetas eran círculos: mas las observaciones posteriores han demostrado que no son sino Elipses. (*Fig.* 124)

Pero la misma Colocacion ó el mismo órden de cosas que él habia supuesto en el Mundo planetario con los círculos, queda y permanece con las Elipses que se les ha substituido. (*Math.* 738, 749, 757, 767)

PROPOSICION I.

767. *El Sistema de Copérnico concuerda perfectamente con todos los Fenómenos Astronómicos, con solo hacer en él la leve mutacion de substituir el movimiento elíptico al circular que él atribuia á los Astros.*

DEMOSTRACION. Para comprobar y demostrar la verdad de esta Proposicion fundamental no hay que hacer como se ve, mas que dar una explicacion satisfactoria de los diferentes *Fenómenos celestes*, pues por ella se verá que es tan sencilla y natural en el Sistema de Copérnico como absurda y chocante en qualquiera otro Sistema.

De estos Fenómenos celestes nos ceñirémos á explicar aquí los mas patentes é interesantes, y omitirémos algunos de aquellos que por ser menos sensibles y mas complicados necesitarian para su inteligencia de que

hubiésemos hecho gravar, y presentásemos muchas Figuras particulares.

Pero con sola la explicacion de los Fenómenos que vamos á proponer hay bastante para hacer ver con claridad que este Sistema es el verdadero Sistema del Mundo. El que quiera podrá ver en el quarto Tomo de nuestro Curso completo de Física la explicacion de aquellos de que no hacemos aquí mencion alguna.

FENÓMENO PRIMERO.

768. *El Movimiento diurno de todo el Cielo, ó la Vicisitud periódica del Dia y de la Noche.* (Fig. 132)

EXPLICACION. Para que se verifique este fenómeno no puede menos de suceder una de dos cosas: ó que en el espacio de 24 horas todos los Cuerpos celestes hagan una revolucion entera de Oriente á Occidente al rededor de la Tierra inmóvil; ó que durante el mismo tiempo teniendo por inmóviles á todos los Cuerpos celestes, dé la Tierra una sola vuelta sobre sí misma de Occidente á Oriente al rededor de su exe confundido siempre con el del Mundo. Es claro que en una y otra de estas dos suposiciones las apariencias de los movimientos de los Cuerpos celestes serian enteramente las mismas, como lo hemos hecho ver y comprehender anteriormente. (752)

I.° En el Sistema de la *Tierra inmóvil* el fenómeno que vamos explicando exîge que todos los Cuerpos celestes, y en especial las Estrellas tengan un movimiento real cuya velocidad es mas que inconcevible, y cuya uniformidad y exâctitud son todavia infinitamente mas prodigiosas.

II. En el Sistema de la *Tierra móvil al rededor de su exe* estos movimientos cuya rapidez nos choca, y cuya exâctitud y uniformidad parecen una especie de milagro no son otra cosa que simples apariencias, ó puras ilusiones ópticas. En este Sistema no hay mas movimiento diurno que sea real que el de la Tierra al

rededor de su exe de occidente á oriente.

Para hacer ſensible la explicacion de eſte fenómeno en eſte Siſtema ſean el Sol inmóvil en S, una Estrella inmóvil en Y, y un Planeta que habrémos de considerar como inmóvil por espacio de 24 horas en Z.

Y ſupongamos que la Tierra pueſta en P en el plano de la Eclíptica haga una revolucion ſobre su exe D P F en la direccion A B A de Occidente á Oriente. Como una mitad de la ſuperficie de la Tierra eſtá siempre iluminada por el Sol, es claro que *un hombre puesto en* A durante el espacio de tiempo que tarda la Tierra en hacer una revolucion ſobre sí misma y ſobre su exe se hallará ſuccesivamente

Al principio del Disco iluminado; y entonces el Sol S, el Planeta Z, y la Eſtrella Y eſtarán en su horizonte oriental, y parecerá que ſalen para él;

Al medio del Disco iluminado: y entónces parecerá que los mismos tres cuerpos aunque inmóviles han paſado del oriente á su meridiano;

A la extremidad del Disco iluminado, y entonces parecerá que los mismos tres cuerpos siempre inmóviles han paſado de su meridiano á su occidente;

Al medio del Disco umbroso, ó tenebroſo en A; y entonces le parecerá que los mismos tres cuerpos todavia inmóviles eſtan hácia su Nadir, y que como anteriormente volverán á ſalir ſeis horas despues por su horizonte. (752)

Luego el Siſtema de Copérnico da razon del modo mas ſencillo y ſatisfactorio de la *revolucion diurna del Cielo*, la qual por otra parte es inconcevible y chocante en el Siſtema de la Tierra inmóvil.

769. NOTA. Si la Tierra permaneciese inmóvil en S es evidente que todas las Eſtrellas harian cada dia una revolucion al rededor de la Tierra describiendo una curva B A B, C D C, G D G, E H E, F O F cuyo radio S A debaxo del Eqüador fueſe á lo menos de 2,800,000,000,000 de leguas. (*Fig.* 127)

1.° Si calculamos ſegun eſto la velocidad que deberian

tener las Eſtrellas que hicieſen ſu revolucion diurna en el plano del Eqüador A B A quedarémos plenamente convencidos del movimíento de la Tierra, y de la *inmovilidad del Cielo estrellado.*

Porque ſuponiendo que eſtas Eſtrellas tuvieſen una velocidad conſtante igual á la de una bala despedida de un Cañon de batir (391), hallarémos que las Eſtrellas mas cercanas á la Tierra tardarian mas de 11,349,000 años, mas de 4,142,385,000 dias en hacer una simple revolucion diurna al rededor de la Tierra en el Plano del Eqüador.

Seria pues neceſario que aquellas Eſtrellas de las que hicieſen ſus revoluciones diurnas en el plano del Eqüador que eſtan mas cercanas á la Tierra, y que de consiguiente tendrian un movimiento mas lento tuvieſen una velocidad á lo menos 4,142,385,000 veces mayor que la de una bala deſpedida de un cañon de batir.

¿ Y quien ſerá tan necio que quiera recurrir á una velocidad tan chocante asi á la imaginacion como á la razon, quando es evidente que una simple revolucion de la Tierra al rededor de su exe de Occidente á Oriente puede producir todos los fenómenos que se podrian querer atribuir á la revolucion diurna de las Eſtrellas al rededor de nueſtro Globo de Oriente á Occidente?

II.° ¿ Por otra parte que *Fuerza central* se puede imaginar ſuficiente pàra determinar á eſtas Eſtrellas á moverſe en línea curva al rededor de la Tierra contra lo que exîge la primera Ley de todo movimiento, conforme á la qual debe efectuarſe en línea recta?

¿ Como componer ademas que todas las Eſtrellas G C B H O describiendo cada dia círculos, unos mas grandes B A B, y otros mas pequeños C D C, O F O corran los arcos ſemejantes de ſus círculos desiguales en tiempos iguales, empiecen y acaben todas ſus revoluciones diurnas en 23 horas, 56 minutos y 4 ſegundos ni mas ni menos de tiempo?

¿ Como componer ſobre todo que las Eſtrellas que andan hoy un círculo mas grande B A B, descrezcan

en velocidad pafando á un círculo mas pequeño C D C, ó G P G, y que las que andan hoy un círculo mas pequeño C D C, ó G P G se aumenten en velocidad pafando á un círculo mayor B A B?

Es claro que si efta revolucion diurna de las Estrellas es real y no simplemente aparente, no fabemos nada acerca de la teoría del Movimiento, la que no obstante eftá tan rigurofamente demoftrada.

III.° Empecemos pues desde aqui á fuponer que hay una *Ilusion óptica* en todos los movimientos que obfervamos en las Eftrellas, pues que el movimiento que nos parece en ellas mas fencillo y mas manifiefto no puede fer real sin chocar á la razon y fer opuefto á todas las Leyes del Movimiento y de la Fisica. (752)

Fenómeno Segundo.

770. *La vicisitud periódica de las Estaciones, ó la Revolucion anual y periódica del Sol por el Zodiaco.*

Explicacion I. Si la Tierra eftá inmóvil en S es evidente que el Sol E T C E hace cada dia una *Revolucion espiral* al rededor de la Tierra avanzando ya de medio-dia á norte, ya de norte á medio-dia siempre fegun el órden de los Signos (*Fig.* 127).

Eftas Espiras continuas empezando en el Signo de Capricornio E por exemplo, pafan fuccesivamente por todos los grados siguientes de la Eclíptica del medio-dia al norte, hafta el principio del Signo de Cancer C.

En llegando á efte Signo el Sol muda de direccion sin que se pueda prefumir porqué, ni como: vuelve á describir fus Espiras diarias en direccion opuefta de norte á medio-dia pafando por todos los grados siguientes de la Eclíptica desde Cáncer hafta el principio de Capricornio.

En llegando el Sol á Capricornio es de nuevo detenido y repelido de medio-dia á norte contra todas las Leyes del movimiento, en virtud de las quales deberia continuar moviéndofe al infinito hácia el Polo bo-

real, ó hácia el auftral fegun la direccion del movimiento que le lleva de Capricornio á Cáncer, ó de Cáncer á Capricornio.

Todo es abfurdo y chocante en eftos movimientos en el Siftema de la Tierra inmóvil, al pafo que todo es en ellos fencillo y natural en el Siftema de la Tierra-planeta.

EXPLICACION II. Para hacer fenfible la explicacion de efte *gran Fenómeno* con todas fus dependencias fea P Q R T P la Eclíptica; C S X el Eqüador fobre cuyo plano cae siempre perpendicularmente el exe prolongado de la Tierra, y fupongamos que las circunferencias de eftos dos círculos la Eclíptica y el Eqüador se atraviefan una á otra en dos puntos P y R, y que el plano de la Eclíptica declina al norte y al medio-dia del Eqüador de modo que los arcos C E y M X que feparan estos dos círculos fean cada uno de unos 23 grados y medio. (*Fig.* 132)

Supongamos ademas que en efta hipótesis tan fencilla y natural la Tierra-planeta haga en virtud de fus dos *Fuerzas conspirantes*, proyectil y centrípeta (361 y 362) su revolucion anual P Q R T P al rededor del Sol S de Occidente á Oriente teniendo siempre su exe prolongado *h h*, *m m*, *n n*, *o o*, *r r* paralelo á sí mismo, y perpendicular al plano del Eqüador C S X.

Efte *Exe de la Tierra* indefinidamente prolongado en el Cielo describirá al rededor del Sol y de los Polos del Mundo un cilindro inmenfo cuyo diámetro ferá igual á la diftancia de la Tierra al Sol tomada dos veces.

Supueftas eftas ideas é imágenes que se deben comprehender bien y no perder nunca de vifta, ferá facil dar razon del fenómeno de que vamos tratando. (751)

I.° Quando la Tierra eftá en P debaxo del Signo de Libra C se ve al Sol en X en el Signo de Aries, y se tiene el principio de la Primavera.

Supongamos que la Tierra en P colocada en el punto de interfeccion de la Eclíptica y del Equador, y de

consiguiente en el Plano del Equador haga una revolucion sobre su exe D F *h*. En este caso el exe del cono luminoso que la ilumina será perpendicular al exe D P F; los dos Polos terrestres D y F serán tocados por el cono luminoso D S F; todos los puntos de la superficie de la Tierra serán succesivamente iluminados, estarán expuestos durante doce horas á la luz del Sol, y privados de ella durante otras doce, y de consiguiente los dias serán iguales á las noches en toda la Tierra.

II.° Qūando la Tierra esté en Q̃ debaxo de Capricornio E se verá el Sol en M debaxo de Cancer, y se tendrá el principio del Estío. En esta postura de la Tierra el exe del cono luminoso que la ilumina es obliqüo al exe terrestre D F *m*, el Polo boreal D está siempre expuesto á la luz, y el meridional F siempre privado de ella ó en las tinieblas.

Supongamos que la Tierra en esta postura haga una revolucion sobre su exe D F *m* siempre perpendicular al Eqüador. En este caso todo el Circulo polar boreal K H K estará continuamente expuesto á los rayos del Sol, y todo el Circulo polar meridional N G N estará continuamente privado de ellos ó sepultado en las tinieblas. Todos los payses comprehendidos entre el Círculo polar boreal y el Eqüador terrestre A B A tendrán el arco diurno mayor que el nocturno, ó el dia mayor que la noche, y por el contrario todos los situados entre el Círculo polar austral y el mismo Eqüador terrestre tendrán el arco diurno menor que el nocturno, ó la noche mayor que el dia.

III.° Q̃uando la Tierra caminando siempre por la Eclíptica de occidente á oriente, y conservando siempre su Exe á quien nada hace ni puede hacer inclinar, paralelo á sí mismo llegue á R baxo de Aries X en el otro punto de interseccion de la Eclíptica y del Eqüador, se verá el Sol en C en Libra, y se tendrá el principio del Otoño.

El exe del cono luminoso que en esta postura ilumina la Tierra es perpendicular al exe terrestre D F N, como

lo era quando la Tierra eftaba en P, y así produce los mifmos fenómenos que producia quando la Tierra tenia aquella poftura, ó que en la Primavera.

IV.° Quando la Tierra llegue á T baxo del Signo de Cáncer M se verá el Sol en E en Capricornio, y se tendrá el principio del Invierno. En efte cafo los rayos del Sol caen todos obliqüamente fobre el exe al rededor del qual se hace la revolucion diurna, bañan siempre el polo auftral F, y nunca tocan al boreal D.

Si en efta poftura hace la Tierra una revolucion fobre su exe D F *o*, el Círculo polar auftral G N G caerá todo entero dentro del cono luminofo, y el Círculo polar boreal K H K en las tinieblas: los arcos diurnos ferán mas pequeños en las Zonas templada y tórrida boreales, y mas grandes en las zonas tórrida y templada auftrales que los arcos noćturnos.

771 NOTA. Para concebir el *Movimiento curvilíneo* de la Tierra, de los Planetas y Cometas al rededor de su centro qualquiera de gravitacion pongámonos con el penfamiento en el orígen del tiempo y de las cofas quando aun no eftaban dadas las Leyes de la Naturaleza y del Movimiento, y consideremos un Planeta ó un Cometa puefto en un punto qualquiera del Efpacio infinito en el Vacío ó en un Medio nada resiftente, indiferente por su naturaleza al movimiento y á la quietud, pero capaz de moverfe de todos modos y en todas direcciones. (*Fig.* 127).

I.° Es claro que efte Planeta ó Cometa T permanecerá eternamente inmóvil en el punto T si ninguna caufa le folicita á mudar de lugar: que por su naturaleza no tira á acercarfe, ni á alejarfe del Sol S, ni de otro qualquier cuerpo: que siendo por su naturaleza indiferente al movimiento y á la quietud si recibe un impulfo en una direccion qualquiera debe moverfe en efta direccion hafta que alguna caufa extraña le aparte de ella; y en fin que fubir y baxar fon términos enteramente eftraños á efte Planeta, pues *no hay arriba, ni abaxo en el Espacio infinito* antes de la creacion del Movimien-

miento, y del eftablecimiento de fus Leyes.

II.° Supongamos que el Autor de la Naturaleza perfectamente libre en la asignacion de las Leyes del movimiento decreta que efte Planeta ó Cometa tire constante y perpetuamente hácia el Sol S *con una fuerza central que sea siempre en razon inversa de los quadrados de sus distancias respecto de este Astro.* He aqui que en fuerza de efta Ley ó voluntad libre del Omnipotente el Planeta ó Cometa T antes indiferente para acercarfe ó alejarfe del Sol S tendrá defde efte momento una tendencia permanente hácia efte aftro, que llamarémos indiferentemente Pefantez, Atraccion ó Gravitacion.

III.° Supongamos ademas que el mifmo Autor de la Naturaleza da de una vez para siempre un impulfo á efte Planeta ó Cometa en una direccion qualquiera capaz de alejarle del Sol S, y que de efte impulfo nace *una fuerza centrífuga* (360) *que sea siempre en razon inversa de los cubos de sus distancias al Sol.*

En virtud de efta accion, y de efta nueva Ley del Criador el Planeta ó Cometa T antes indiferente para alejarfe del Sol tendrá una tendencia permanente á alejarfe de efte aftro, que llamarémos *Fuerza centrífuga,* y que ferá siempre opuefta á la central ó centrípeta.

IV.° De efta Hipótesis, que es muy verosímil que no fea otra cofa que la Hiftoria mifma de las primeras Leyes de la Naturaleza y del Movimiento provendrá necefariamente la permanente revolucion de efte Planeta ó Cometa en línea curva, y que vuelve fobre sí mifma (361 y 362) al rededor del Sol puefto en F ó en C (*Fig.* 28. y 29).

EL INVIERNO, EL ESTIO, LA PRIMAVERA, EL OTOÑO: PRIMAVERA PERPETUA.

772. EXPLICACION. La diferente duracion de los Dias, la diferente altura á que fube el Sol fobre el horizonte dan fuccesivamente á los diverfos payfes de la Tierra

una desigualdad de temple, una *diferencia de Estaciones* que vamos á exâminar aqui con relacion al punto terrestre *x* que se puede suponer si se quiere, que es Paris ó Roma. Este punto terrestre *x* tendrá la Primavera quando estando la Tierra en P baxo de Libra, el Sol sea visto en X en Aries. El Invierno quando la Tierra esté en T, el Otoño quando la Tierra esté en R, y el Estío quando la Tierra esté en Q mas allá del Eqüador C S X. (*Fig.* 132.)

I.° Quando la Tierra está en T baxo del Trópico boreal M, el Sol es visto en E en el Trópico opuesto al Polo visible: se eleva poco sobre el horizonte del punto *x* y permanece poco sobre él. Debe pues sentirse poco el calor de sus rayos en este punto, así porque dan muy obliqüamente en los Payses X K situados sobre este horizonte como porque no tienen bastante tiempo para calentar mucho la masa del ayre que los envuelve: De aquí el *Invierno* en estos payses.

II.° Quando por el contrario estando la Tierra en Q el Sol es visto en M en el Trópico del Polo visible, sube á mayor altura sobre el horizonte de los Payses situados en X; despide sus rayos, ó perpendicular, ó mucho menos obliqüamente sobre ellos; da mas calor y por mas largo tiempo á la masa del ayre que los cubre y envuelve: De aquí el *Estío* en estos Payses.

III.° Quando el Sol está en los Puntos Equinocciales C y X, estas dos causas, á saber la quantidad de su elevacion, y la duracion de su aparicion sobre el horizonte estan en un estado medio: De aquí las dos Estaciones de *Primavera* y *Otoño*.

El principio de la primera es mas frio que el de la segunda porque *en la Primavera* se opone á la accion ó á la actividad de los rayos del Sol la intensidad del frio que el Invierno ha acumulado y reconcentrado succesivamente sobre los Payses terrestres, y que no puede ser disipado súbitamente y de un golpe; y por el contrario *en el Otoño* ayuda á la actividad de los rayos Solares la intensidad del calor de que estos mismos Payses

han sido ſuccesivamente impregnados durante el Eſtío, y que no se disipa sino ſuccesivamente y poco á poco.

IV.° ¿ Para que la Tierra gozaſe de una *Primavera perpetua*, que ſeria neceſario ? únicamente una de eſtas dos coſas:

O que la Tierra en vez de hacer su revolucion anual al rededor de la Eclíptica P Q R T P la hicieſe en el Plano del Eqüador C S X C conſervando siempre la misma direccion en su exe D F:

O que en caſo de que la Tierra hicieſe su revolucion anual por la Eclíptica tuvieſe su exe pueſto y dirigido de otro modo con relacion al plano de la Eclíptica. De ſuerte que en vez de eſtar eſte exe terreſtre D F inclinado, eſtuvieſe siempre perpendicular al plano Q S T de la Eclíptica.

FENÓMENO TERCERO.

773. *Los Apogeos y Perigeos, los Aphelios y Perihelios y las diferentes Fases succesivas de los Planetas y Cometas* (*Fig.* 124).

EXPLICACION. Como los Planetas y Cometas hacen ſus revoluciones periódicas del miſmo modo que la Tierra en elipſes mas ó menos excéntricas al rededor del Sol centro comun de su gravitacion, en el Vacío ó en un Medio nada reſiſtente, es claro que eſtos diferentes Cuerpos movidos con velocidades desiguales deben ya acercarſe, ya alejarſe alternativamente del Sol y de la Tierra.

Sea el Sol inmóvil en F al rededor del qual hagan todas ſus revoluciones elípticas los Cometas y Planetas principales. El Sol en eſte caſo eſtará fuera de los centros C de las diferentes Orbitas elípticas de los Planetas y Cometas. (766)

I.° Considerando todas eſtas Orbitas como Elipſes cuyo Foco comun F ocupa el Sol, la Tierra eſtá en perihelio en T, y en aphelio en D: Saturno en peri-

helio en S, y en aphelio en Z: Mercurio en perihelio en n, y en aphelio en m: y así de los demas. (*)

II.° Supongamos que quando la Tierra está en T, Saturno esté en S, Júpiter en I, Mercurio en m, y Marte hácia M. En este caso Saturno estará en Perigeo, Júpiter y Mercurio en Apogeo, Marte hácia una de sus quadraturas, y así de los demas Planetas y Cometas.

III.° Siendo los Planetas y Cometas Astros opacos, y no teniendo como tampoco la Tierra otra luz que la que reciben del Sol; es claro que no son luminosos, ó mas bien no estan iluminados sino en la parte de su superficie que mira á este Astro: y que ésta parte iluminada que nunca es mas que la mitad de su superficie (724), y que es la única que puede percibir un habitante de la Tierra, se halla ya mas, ya menos distante de ella, ya mas, ya menos expuesta á la vista del Observador, por exemplo esté la Tierra en t:

Marte en Perigeo en M parece muy grande y da mucha luz porque su disco iluminado está todo dirigido hácia la Tierra t. El mismo Planeta en Apogeo en N parece menor y da menos luz; porque aunque en este caso esté todavia todo su disco iluminado dirigido hácia la Tierra t, su luz se debilita á causa de la mayor distancia y se muestra al habitante de la Tierra baxo de un ángulo óptico menor (735). El mismo Planeta en quadratura parece á modo de media luna porque en este caso su disco iluminado es en parte visible y en parte invisible al Observador terrestre, al modo que lo es el de la Luna en quadratura, siete ú ocho dias antes ó despues del Plenilunio.

Igualmente suponiendo la Tierra en A; Venus en apogeo en V está en su mayor brillo, el mismo Planeta en perigeo en X no da ninguna, ó solo da muy

(*) NOTA. *Perihelio*; cerca del Sol: *Aphelio*; léjos del Sol: *Perigeo*; cerca de la Tierra: *Apogeo*; léjos de la Tierra: *Fases*; mutaciones de estado aparente.

poca luz; porque en el primer caso todo su disco iluminado V está expuesto á la vista del Observador en A, y en el segundo su disco iluminado X está dirigido al lado opuesto del mismo Observador.

FENÓMENO QUARTO.

774. *Los Solsticios ó Estaciones del Sol en los dos Trópicos* (Fig. 127).

EXPLICACION. El fenómeno de los Solsticios consiste en que el Sol dexa dos veces al año durante algunos dias de alejarse ó acercarse sensiblemente al Eqüador en su revolucion real ó aparente al rededor de la Eclíptica.

En la hipótesis en que el Sol móvil ande realmente la Eclíptica *a b c d e f g h a* debe este Astro quando esté en C y en E no acercarse ni alejarse sino infinitamente poco del Eqüador A B A; porque las dos curvas de la Eclíptica y del Eqüador serán sensiblemente paralelas en C y en B, lo mismo que en A y en E. Este mismo fenómeno se verificará igualmente en la hipótesis del Sol inmóvil en el centro S del Mundo Planetario, pues en ella correrá la Tierra la misma curva que se atribuia al Sol, y segun las Leyes de la Optica el Sol será siempre visto en la parte opuesta á esta curva alejándose ó acercándose al Eqüador en los mismos términos que la Tierra se acerca ó se aleja.

Ahora pues corriendo la Tierra-planeta la Eclíptica cuyo plano corta el Eqüador baxo de un ángulo de unos 23 grados y medio se acerca y aleja alternativamente del Eqüador; pero de modo que hay dos pequeños arcos en su curva que son los dos arcos mas apartados del Eqüador hácia el norte y medio dia en que su movimiento es sensiblemente paralelo al Eqüador, por exemplo (*Fig.* 132)

1.° Quando la Tierra pasa de R á T de medio-dia á norte se aleja del Eqüador hácia el norte una quantidad X M, y el Sol visto siempre á la parte opuesta del punto en que se halla la Tierra parece que se aleja

del Eqüador una quantidad igual C E hácia el polo auſtral.

Quando la Tierra eſtá en T acerca de 90 grados del punto equinoccial de la Primavera R, el arco que corre en su Curva es ſensiblemente paralelo al arco correspondiente del Eqüador. Así el Sol viſto en E á la parte opueſta del punto T parecerá que no se acerca ni se aleja del Eqüador, y nos parecerá en quanto á eſte movimiento eſtacionario durante algunos dias.

II.° Quando ſeis meſes despues la Tierra eſté en Q acerca de 90 grados del punto equinoccial del otoño P, el arco que corre en su Curva ſerá tambien ſensiblemente paralelo al arco correſpondiente del Eqüador. Corriendo eſte arco la Tierra, ni se acerca ni se aleja ſensiblemente del Eqüador, y nos parecerá igualmente que el Sol viſto en M va andando ſegun el órden de los Signos sin acercarſe ni alejarſe ſensiblemente durante algunos dias del Eqüador.

De aquí el *Fenómeno de los Solsticios* tan abſurdo y chocante en la hipótesis de la Tierra inmóvil, y tan ſencillo y natural en la de la Tierra-planeta; en la que para verificarſe periódicamente no necesita de mas que de la continuacion de los movimientos proyectil y central de la Tierra al rededor del Sol inmóvil en el Vacío, ó en un Medio que no oponga reſiſtencia alguna á estos dos movimientos (770 y 771).

Fenómeno quinto.

775. *La mansion del Sol en los Signos septentrionales unos ocho dias mas larga que en los Signos meridionales* (Fig. 124).

Explicacion. Sea A T B D A la órbita que describe el centro de la Tierra en su revolucion anual al rededor del Sol pueſto fuera del centro C, y en uno de los focos F de eſta *Orbita elíptica.* Mientras que la Tierra-planeta anda el arco ſeptentrional A T B de su curva, el Sol F viſto siempre á la parte opueſta al punto

en que se halla la Tierra en su órbita nos parece que pasa por los diferentes Signos meridionales ; y por el contrario miéntras que la Tierra corre el arco meridional B D A de su curva, vemos al Sol F succesivamente en los diferentes Signos septentrionales. De aquí la explicacion sencilla y facil del fenómeno de que nos hemos propuesto dar razon.

Consta por las Observaciones astronómicas, ó resulta evidentemente de ellas que la Orbita elíptica A T B D A de la Tierra tiene su grande exe T C D dirigido de norte á medio-dia, y que el Sol ocupa el *Foco boreal* F E de esta elipse, y de consiguiente que la Tierra está en Perihelio en T, y en Aphelio en D.

Dos razones deben pues concurrir á hacer que se nos muestre el Sol durante mas tiempo en los Signos septentrionales que en los meridionales.

La *primera* es que el arco A T B que es la parte de la Eclíptica situada mas acá del Eqüador baxo de los Signos septentrionales es mas pequeño que el arco B D A que es la parte de la Eclíptica situada mas allá del Eqüador baxo de los Signos meridionales.

La *segunda* es que la velocidad de la Tierra en el arco B D A que corre desde el equinoccio de la primavera hasta el del otoño durante el qual tiempo vemos al Sol en los diferentes signos septentrionales, es menor que en el arco A T B que corre desde el Equinoccio de Otoño hasta el de la Primavera ; porque las *Velocidades absolutas* de un Planeta qualquiera en los diferentes puntos de su órbita son siempre en razon inversa de sus radios vectores, como lo prueban las Observaciones astronómicas.

En dos palabras ; El Sol aparece mas largo tiempo en los signos septentrionales porque la parte austral B D A de la *Orbita terrestre* es un poco mayor que la boreal A T B, y porque la *velocidad real de la Tierra* es un poco menor en la primera que en la segunda.

FENÓMENO SEXTO.

776. *Las Estaciones y Retrogradaciones de los Planetas.* (*Fig.* 124).

EXPLICACION I. Si hubiéramos de juzgar del movimiento de los Planetas al rededor del Sol por folas las apariencias, su movimiento feria la cofa mas extravagante y abfurda ; porque en vez de defcribir los Planetas una curva regular y continua S Y Z S , R V X R de occidente á oriente al rededor del Sol centro comun de su movimiento , parece que ya se mueven realmente de occidente á oriente , ya fuspenden su movimiento y se detienen durante un tiempo mayor ó menor en los mismos puntos del Cielo , ya retroceden por el camino que llevaban y se mueven en direccion opuefta de oriente á occidente, de modo que en vez de fer su curva una curva fixa y regular parece que es una curva infinitamente variable é irregular *a b c d e g* á la que es imposible asignar *Causa alguna física* en el Siftema de la Tierra inmóvil.

Pero en la hipótesis de la Tierra errante al rededor del Sol inmóvil éfta abfurda irregularidad de movimiento no es realmente mas que una simple *ilusion óptica*, y la curva que defcribe el centro de cada Planeta es una elipfe continua y regular S Y Z S , R V X R , J K L J , &c. La irregularidad aparente de eftas curvas folo proviene de la diferente poftura que toma fuccesivamente la Tierra refpecto de los Planetas en el curfo de su revolucion anual caminando mas veloz que los *Planetas superiores* Marte , Júpiter y Saturno , y menos que los *inferiores* Vénus y Mercurio.

Porque la Tierra hace su revolucion en un año, Marte en cofa de dos, Júpiter en diez años poco mas ó menos , Saturno en cerca de treinta años , Vénus en ocho mefes y diez dias , Mercurio en poco menos de tres mefes ó de la tercera parte de un año ; de modo que la Tierra hace dos revoluciones al rededor del Sol, mién-

miéntras que Marte no hace mas que una, y miéntras que ella no hace mas que una tercera parte de su revolucion, hace Mercurio toda la ſuya, &c.

EXPLICACION II. Para hacer ſensible eſta teoría aſtronómica la harémos patente en los Planetas ſuperiores, y la indicarémos en los inferiores. (*Fig.* 128)

I.° Supongamos que mientras que la Tierra hace una de ſus revoluciones *a b c d e a* en un año, Marte haga la mitad de la ſuya *m n o r s t v m*. Es claro que en eſta ſuposicion la Tierra unas veces ſeguirá, otras alcanzará, y otras se adelantará y precederá á Marte. Supongamos por exemplo á la Tierra en *d*, y á Marte en *t*, Marte ſerá viſto en J.

Supongamos que mientras la Tierra llega á *e*, Marte mas tardío llega á *v*, Marte ſerá viſto en X, y parecerá que ha tenido un *movimiento directo* de J á X.

Supongamos igualmente que miéntras la Tierra llega deſde *e* á A, Marte llegue deſde *v* á *m*; Marte ſerá viſto en K, y parecerá todavia que ha tenido un movimiento directo pero mas lento que antes.

Supongamos que miéntras la Tierra va deſde *a* á *b*, Marte vaya deſde *m* á *n*, Marte ſerá viſto en X, y parecerá que ha tenido un *movimiento retrógado* deſde K á X.

Supongamos en fin que mientras que la Tierra va deſde *b* á *e* Marte continúe en ir deſde *n* á *o*; Marte ſerá todavia viſto en X, y parecerá que ha eſtado durante todo eſte tiempo *estacionario y sin movimiento* en el mismo punto del Cielo X.

II.° Si se ſupone que la curva mas diſtante del Sol es la de la Tierra, y la mas cercana la de Mercurio, como éſte Planeta hará tres revoluciones poco mas ó menos miéntras que la Tierra mas tarda hará ſolo una, tendrémos los mismos fenómenos en términos contrarios, los que ſerá fácil á cada uno hacerſe ſensibles trazando para sí á eſte fin una Figura aparte, ó viendo si quiere la Figura 36 del Quarto Tomo de nueſtro Curſo completo de Física.

PROPOSICION II.

777. *La Tierra es un verdadero Planeta, que haciendo sus revoluciones diurnas al rededor de su Exe, hace sus revoluciones annuas al rededor del Sol inmóvil, ó como inmóvil en el centro del Mundo planetario.*

DEMOSTRACION. Una multitud de razones poderosas y pruebas demostrativas de las que unas son mas, y otras menos fuertes, pero cuyo conjunto forma una demostracion completa, concurren á comprobar evidentemente el movimiento de la Tierra, y la quietud del Sol. Expondrémos aquí unas y otras en breve, y baxo de un mismo aspecto. (*Fig.* 124 y 132)

I.° *Las Vicisitudes periódicas del Dia y de la Noche*: prueba primera. Una simple revolucion de la Tierra al rededor de su exe aorra al Sol, á los Planetas, y sobre todo á las Estrellas de que se muevan al rededor de la Tierra en 24 horas con una velocidad mas que inútil, mas que inconcevible, mas que repugnante (768 y 769).

II.° *La Vuelta periódica de las Estaciones*: segunda prueba. Una simple revolucion de la Tierra al rededor del Sol aorra á este Astro de que ande neciamente de medio-dia á norte, y de norte á medio-dia con una multitud de *revoluciones espirales* cuya causa es inconcevible, cuyo mecanismo se opone á todas las Leyes del movimiento, y cuya explicacion es forzoso ir á buscar fuera de todas las Leyes conocidas de la Naturaleza. De modo que si el Sol se mueve realmente al rededor de la Tierra y de la Eclíptica es necesario admitir que el Autor de la Naturaleza le mueve con cuidado especial y constantemente milagroso, mediante un mecanismo y conforme á unas Leyes que en nada convienen con el mecanismo de los demas Cuerpos. (770)

III.° *La Precision de los Equinoccios*; prueba tercera. Para formar idea de este gran Fenómeno se debe saber que ademas *del movimiento diurno de Oriente á Occidente*, en virtud del qual parece que todo el Cielo da vuelta

cada dia en eſta direccion al rededor del exe del Mundo M S N hay en el Cielo, eſto es en todo el Firmamento imaginario en que parecen clavadas las Eſtrellas *otro Movimiento de Occidente á Oriente*, en virtud del qual parece que todas las Eſtrellas dan vuelta en eſta direccion al rededor del exe O S P de la Eclíptica en 25,740 años. (*Fig.* 127)

Para dar razon de eſte gran Fenómeno que ſeguramente no puede ſer otra coſa que una *Ilusion óptica*, baſtará ſuponiendo inmóvil el Firmamento ſuponer que la Tierra ademas de su revolucion diurna de Occidente á Oriente al rededor del exe *v x* hace otra revolucion de Oriente á Occidente al rededor de otro exe *m n*, la qual tarda en efeɛtuarſe el espacio de 25,740 años.

En eſta hípotesis tan ſencilla un simple movimiento cónicamente retrógrado en el exe *v x* de la Tierra al rededor de otro exe *m n* aorra á todo el Firmamento, á toda la innumerable multitud de Eſtrellas visibles é invisibles de que hagan una revolucion al rededor de los Polos P y O de la Eclíptica de Occidente á Oriente al mismo tiempo que hacen una infinidad de revoluciones al rededor de los Polos del mundo de Oriente á Occidente: los quales *dos Movimientos* al rededor de los polos de la Eclíptica, y al rededor de los polos del Mundo si fueran reales en vez de ſer como ſon en efecto simplemente aparentes, harian al Univerſo la Máquina mas grotescamente conſtruida, mas extravagantemente complicada que se puede imaginar. ¡Que admirable ſencillez no da á toda la Naturaleza la hipótesis de la Tierra-planeta, si es todavia permitido dar el nombre de hipótesis á la Verdad mas bien probada de toda la Física!

Se puede ver si se quiere una explicacion mas extenſa de eſte Fenómeno en nueſtro Curſo completo de Física desde el número 1327 haſta el 1330.

IV.° La *Aberracion de las Fixas*: quarta prueba. Para formarſe una idea de eſte fenómeno celeſte se debe ſa-

ber que las Etrellas tienen ademas de su *movimiento diurno* en virtud del qual parece que dan vuelta cada dia de Oriente á Occidente al rededor del exe M S N del Mundo (*), y ademas de su *movimiento retrógrado* de que acabamos de hablar en virtud del qual parece que dan vuelta de Occidente á Oriente en 25,740 años al rededor del exe O S P de la Eclíptica, un *Movimiento de aberracion* por el qual eſtan casi siempre apartadas algunos ſegundos de grado del verdadero lugar que ocupan en el Cielo: de modo que las que eſtan situadas en los Polos P y O de la Eclíptica parece que describen al rededor de su verdadero lugar en el espacio de un año un círculo cuyo diámetro es de 40 ſegundos de grado: las que eſtan en el Plano C E C de la Eclíptica parece que describen al rededor de su verdadero lugar una línea ó un arco de unos 40 ſegundos de grado, adelantándoſe hácia el Oriente durante ſeis meſes, y retrocediendo hácia el Occidente durante otros ſeis meſes de un mismo año: y las que eſtan situadas entre el plano y los polos de la Eclíptica parece que describen al rededor de su verdadero lugar elipſes cuyo exe grande es de 40 ſegundos de grado, y el pequeño otro tanto menor quanto mas léjos eſtan de los polos, y mas cerca del plano de la Eclíptica. (*Fig.* 127)

¡Que nueva extravagancia! ¡que nueva complicacion en el movimiento de las Eſtrellas, si la Tierra es inmóvil! Durante su movimiento diurno de Oriente á Occidente paralelamente al Eqüador: durante su movimiento retrógrado de occidente á oriente paralelamente á la Eclíptica tendrán ademas las Eſtrellas en cada año un movimiento de *Aberracion periódica* al rededor de

(*) NOTA. La *revolucion diurna de las Estrellas* se efectua en 23 horas, 56 minutos y unos 4 segundos; lo que hace que siendo esta revolucion mas corta que la del Sol anden las Estrellas cada dia mas que el Sol hácia el Occidente, y que hagan 366 revoluciones diurnas miéntras que el Sol hace 365.

su verdadero lugar. Unas defcribirán anualmente una pequeña línea, otras un pequeño círculo, otras una pequeña elipfe, ¿ y todo efto para qué ? La hipótesis de la Tierra-planeta deftierra de la Naturaleza todos eftos movimientos inutilmente convulsivos, en los que eftá muy lejos de moftrarfe la mageftuofa fencillez que debe reynar y reyna en efecto en todas las Obras del Sabio Arquitecto del Univerfo.

En efta hipótesis la Aberracion de las Fixas no es mas que una simple ilusion óptica ocasionada por el movimiento de la Tierra al rededor del Sol y en la Eclíptica. Se puede ver si se quiere una explicacion bastante fencilla, baftante fensible y extenfa de efta ilusion en el Quarto Tomo de nueftro Curfo completo de Física desde el número 1331 hafta el 1336.

V.° *Las Estaciones y Retrogradaciones de los Planetas*: quinta prueba. Una simple revolucion de la Tierra al rededor del Sol con una velocidad mayor que la de los Planetas fuperiores, y menor que la de los inferiores, aorra á todos los Planetas de las necias y repugnantes contorsiones que en la hipótesis de la Tierra inmóvil eftan precifados ó hacer continuamente durante todo el curfo de fus revoluciones: y hace sus movimientos tan fencillos, tan naturales, y tan dependientes unos de otros como lo es el movimiento de una bomba ó de una bala cuya curva es determinada por la combinacion de la fuerza proyectil y de la central.

En el Síftema de la Tierra-planeta, los Planetas fuperiores é inferiores eftán siempre directos, nunca estacionarios ni retrógrados; y fus eftaciones y retrogradaciones en efte Siftema no fon mas que simples apariencias, simples *Ilusiones ópticas* cuya caufa fisica se asigna y se demueftra. (776)

VI.° *Las famosas Leyes de Keplero*: fexta prueba. Segun la Teoría de las Fuerzas centrales, fegun la Ley fegunda de Keplero que no es otra cofa que una Ley general y fundamental de la Naturaleza, todos los Cuerpos que se mueven al rededor de un mifmo centro tie-

nen los *quadrados de sus tiempos periódicos* proporcionales á los *cubos de sus distancias medias* : es así que si la Tierra eſtuviera inmóvil la Luna y el Sol se moverian al rededor de ella : Luego el quadrado del tiempo periódico de la Luna deberia ſer al quadrado del tiempo periódico del Sol , como el cubo de la diſtancia media de la Luna es al cubo de la diſtancia media del Sol ; lo que es evidentemente falſo y enteramente opueſto á lo que realmente ſucede , como es fácil convencerſe de ello por un cálculo muy ſencillo.

Es cierto que eſta *segunda Ley de Keplero* se obſerva y verifica reſpecto de todos los Cuerpos celeſtes así Planetas como Cometas que hacen ſus revoluciones al rededor del Sol. ¿Se les pregunta pues á los que llevan el Siſtema de la Tierra inmóvil porque eſta Ley general no se obſerva tambien en los movimientos de la Luna y del Sol al rededor de la Tierra , si es asi que eſtos dos Aſtros se mueven al rededor de ella ? ¿ Que razon ha podido tener el Autor de la Naturaleza para diſpenſar al Sol de una Ley comun á todos los Cuerpos , de una Ley general á la que un Físico no puede atribuir una excepcion en un caſo particular, á menos que no la haya fundado en una demoſtracion irrefragable que compruebe neceſariamente la exîſtencia de ſemejante excepcion ?

Asi pues , en dos palabras : el Sol no puede tener un movimiento diurno y annuo al rededor de la Tierra sin que en eſto se deroguen las Leyes generales del Movimiento y de la Naturaleza: Luego el Sol no tiene ſemejante movimiento al rededor de la Tierra.

Se podrá ver , si se quiere una Teoría baſtante extenſa de eſtas *Leyes de Keplero* en nueſtro Curſo completo de Física deſde el número 1255 haſta el 1307.

VII.° *La Analogía de la Tierra con los Planetas* : ſéptima prueba. Siendo la Tierra opaca como los demas Planetas , ſenſiblemente esférica como ellos , y menor que algunos de ellos , ¿ por que habia de haber sido elegida con preferencia para ſer el centro de todos los movi-

mientos celeftes? Pues que los demas Planetas ruedan fobre su exe para procurarfe el afpecto fuccesivo del Sol, y la vicisitud de dias y noches, ¿porque la Tierra estará efenta de la Ley comun á los Cuerpos de su efpecie, no siendo la Tierra mas que un punto infensible en el Univerfo? ¿Porque eftarán precifados el Sol, todos los Planetas, todos los Cometas visibles, y aun toda la infinidad de las Eftrellas á hacer cada dia su efpecie de ronda al rededor de ella para procurar fuccesivamente á fus diferentes puntos, el pompofo efpectáculo de una revolucion tan inconcevible y extraña? (*Fig.* 124 y 127)

¿El Autor del Univerfo que ordena todas las cofas en la Naturaleza, que refiere las partes al todo y no el todo á las partes, que produce grandes efectos á poca cofta, y no á mucha cofta efectos pequeños habria transtornado en efte punto el órden de las cofas y de nuestras ideas? ¿Habria ordenado y referido un Todo, y un Todo como infinitamente grande á una parte; y á una parte como infinitamente pequeña de él? ¿Habria querido mover una infinidad de máquinas con movimientos infinitamente rápidos é infinitamente complicados para procurar á un átomo del Univerfo un efpectáculo de que puede gozar mediante una simple revolucion al rededor de sí mifmo, y al rededor de un Aftro en torno del qual se mueven tambien todos los demas átomos cercanos de su efpecie?

VIII.° El *Aplanamiento de los Polos, y Elevacion del Eqüador*: octava y última prueba. Si la Tierra eftá inmóvil, ¿porque las aguas del Mar eftan feis ó siete leguas mas elevadas debaxo del Eqüador que debaxo de los Polos, quando fegunlas Leyes de la Hidroftática deberian ponerfe á nivel por todas partes? (571)

Efte fenómeno que no admite explicacion alguna en el Siftema de la Tierra inmóvil no es mas que una simple confeqüencia del *Movimiento diurno* de la Tierra al rededor de su exe; porque dando la Tierra vueltas al rededor de su exe de occidente á oriente imprime á todas fus partes una fuerza centrífuga opuefta á la pefan-

tez, ó á la fuerza que hace á los cuerpos terreftres tirar hácia su centro. Efta *Fuerza centrífuga* es otro tanto mayor quanta mayor velocidad tiene cada parte, y cada parte tiene una velocidad proporcional á su diftancia del exe fobre el qual, ó al rededor del qual se hacen las revoluciones diurnas de toda la mafa terreftre (*Fig.* 70).

Luego la Fuerza centrífuga debe de ser muy grande baxo del Eqüador, mas pequeña en las Zonas templadas, y ninguna abfolutamente baxo de los Polos.

Luego para que haya equilibrio entre los Mares que eftan baxo del Eqüador, y los que eftan baxo de los Polos es necefario que las *Columnas de Agua* C A tengan mas altura baxo del Eqüador en donde la fuerza centrífuga difminuye la pefantez de todas las partes aqueas, y menos altura baxo de los Polos en donde siendo ninguna la fuerza centrífuga, en nada difminuye la pefantez de las partes aqueas.

Luego la elevacion del Eqüador demueftra el movimiento de la Tierra al rededor de su exe, como otros muchos fenómenos demueftran su movimiento al rededor del Sol.

Luego la Tierra es un verdadero Planeta que hace fus revoluciones diurnas al rededor de su exe, y fus revoluciones annuas al rededor del Sol inmóvil en el centro del Mundo planetario. L. Q. P. D.

778. Nota. Eftas son las principales razones fólidas á las que en fin ha cedido, y delante de las que ha defaparecido en fin de entre los Filófofos la *Preocupacion vulgar* que fixaba ciegamente la Tierra inmóvil en el centro del Univerfo; y que han hecho ver en éfte el mérito de parecer una Obra digna de la infinita Sabiduría que le formó.

El *movimiento de la Tierra* no es ya un problema para los Aftronómos y Físicos de alguna reputacion, sino que es un punto fixado y decidido fobre el qual parece que no es permitido ni aun dudar á ninguno que aspire á no parecer enteramente nuevo en materias de Física.

Una

Una hipótesis eſtá demoſtrada verdadera y real quando es evidente que quadra con todos los fenómenos de la Naturaleza, y que eſtos fenómenos ſon abſurdos en qualquiera otra hipótesis; y tal es la hipótesis de la Tierra-planeta. Si se piden otras pruebas para demoſtrar que eſta hipótesis es verdadera y real; que diga el mas obstinado Pirrónico con que otras pruebas se podria comprobar y eſtablecer su realidad.

Se pueden poner contra el movimiento de la Tierra algunas objecciones frívolas cuya ſolucion acabará de moſtrar toda la evidencia de la Teoría de Copérnico, de Keplero, de Newton, y de todos los Aſtrónomos modernos ſobre el Siſtema ó Disposicion del Univerſo: Vamos á proponerlas y refutarlas.

OBJECCIONES Y RESPUESTAS.

779. OBJECCION I. Si la Tierra dieſe vuelta cada dia ſobre su exe, todos los Cuerpos pueſtos ſobre su ſuperficie, y no unidos á su maſa como las aguas, las arenas, las piedras, los navios, los hombres, los brutos &c deberian escapar por la tangente, y diſperſarſe á lo lejos en la inmensidad de los Cielos. Porque ſea por exemplo un hombre ſentado tranquilamente en una silla baxo del Eqüador terreſtre A B A. (*Fig.* 70)

Si la Tierra da vuelta cada dia ſobre su exe, eſte hombre tiene ademas de su movimiento anual al rededor del Sol un movimiento diurno, que le hace andar unas 9,000 leguas por dia, 375 por hora, 6 y $\frac{1}{4}$ por minuto, y unas 238 toeſas por ſegundo. Luego eſte hombre tiene una velocidad dos veces y un tercio por lo menos mayor que la de una bala despedida de un cañon de batir (391). Luego eſte hombre en virtud de eſta prodigioſa velocidad deberia tener una Fuerza centrífuga capaz de arrojarle por la tangente muy lejos de la ſuperficie terreſtre en la inmensidad de los Cielos.

Eſte mismo hombre A tiene por otra parte un mo-

vimiento que le lleva anualmente al rededor del Sol, el qual es ciento treinta veces mas rápido que el de una bala defpedida de un cañon de batir. Deberia pues fer arrojado muy lejos de la Tierra por la Fuerza centrífuga que debe nacer de los dos movimientos que le animan.

RESPUESTA. Se hallan con alguna freqüencia perfonas poco consiguientes y poco filófofas, cuya imaginacion se espanta al concebir eftos *dos Movimientos de la Tierra*, y no se espanta de modo alguno al concebir los movimientos inmenfamente mas rápidos que eftan obligados á atribuir al Sol, á los Planetas, y fobre todo á las Eftrellas en su opinion de la inmovilidad de la Tierra: ¿Que les hemos de hacer?

I.° El *movimiento diurno de la Tierra al rededor de su exe* no debe arrojar á lo lejos los Cuerpos terrestres por la tangente de la Tierra; porque aun los cuerpos que tienen mas velocidad no andan mas que 238 toefas por fegundo, lo que folo les da una fuerza centrífuga capaz de alejarlos en un fegundo siete ú ocho líneas del centro de la Tierra (*Math.* 534), al pafo que su fuerza centrípeta, ó su pefantez tira a acercarlos al mismo centro unos 15 pies por fegundo (248).

Así pues eftos Cuerpos deben permanecer aplicados á la fuperficie de la Tierra en virtud de su fuerza centrípeta incomparablemente mayor que su fuerza centrífuga.

II.° El *movimiento anual de la Tierra al rededor del Sol* no debe tampoco arrojar á lo lejos en la inmensidad de los Cielos los Cuerpos terreftres por la Tangente de la Orbita de la Tierra, porque el centro de la Tierra tiene el mismo movimiento anual que los cuerpos pueftos fobre su fuperficie, y porque asi el centro como la fuperficie de la Tierra fon animados de una fuerza centrípeta hácia el Sol que contrarrefta siempre á la fuerza centrífuga nacida del movimiento por la Tangente.

780. OBJECCION II. Si la Tierra diefe vueltas fo-

bre su exe con la velocidad que la atribuimos:

Deberiamos percibir efte movimiento; deberiamos experimentar continuamente aquellos vértigos que ocasiona un movimiento rápido de rotacion ; deberiamos fer continuamente el blanco de la refiftencia del ayre que en efte cafo feria femejante , pero inmenfamente fuperior á la que producen los uracanes mas violentos.

Una Ave que faliendo de su nido vuela hácia el occidente no deberia ya jamas acertar á su nido que huye de ella con una velocidad inmenfa hácia el oriente. Una Bala defpedida de un fusil verticalmente hácia nueftro Zenit deberia caer no perpendicularmente fobre nueftra cabeza sino obliqüamente fobre un punto muy diftante de ella hácia el occidente.

Una *Bala despedida de un cañon de batir* deberia echar por tierra una muralla situada al Oriente , pero no deberia caufar estrago alguno en una situada al Occidente. Pues en el primer cafo eftá bala daria en la muralla con la velocidad de la Tierra , mas la velocidad que la imprime la pólvora ; en el fegundo folo daria con la velocidad que la imprime la pólvora, menos la velocidad mayor y opuefta que la da la revolucion de la Tierra.

Es asi que nada de efto fucede : Luego el movimiento de la Tierra al rededor de su exe y del Sol es una pura fábula que se defvanece con las obfervaciones mas fencillas.

RESPUESTA. La revolucion de la Tierra al rededor de su exe y del Sol no debe producir ninguno de los efectos que se objetan, como es fácil demoftrarlo y hacerlo fentir.

I.° No debemos percibir el *movimiento de rotacion* que tiene conftantemente la Tierra , porque todos los cuerpos que terminan y fixan nueftra vifta durante efta revolucion dan vuelta con nofotros , y conférvan siempre refpecto de nofotros la mifma situacion , y asi no teniendo fenfacion alguna que nos haga echar de ver nueftra mutacion continua de lugar , nos movemos sin percibir nueftro movimiento.

Al modo que un hombre metido en lo interior de un Navio obſcuro ó iluminado durante una tempeſtad anda cien leguas en un dia de norte á medio-dia, ó de oriente hácia occidente sin ſaber si la tempeſtad le lleva lejos, ó si no hace mas que atormentarle en un mismo parage; porque en el pequeño eſpacio en que eſtá encerrado ninguna coſa le ocasiona ſenſaciones por las que pueda conocer el camino que sigue, y el movimiento que le lleva lejos del lugar ó del punto del Eſpacio infinito en que se hallaba antes de la tempeſtad.

II.° No debemos tampoco experimentar aquellos *Vértigos* que ocasiona una revolucion rápida y de alguna duracion al rededor de un miſmo centro tomado en nuestro cuerpo, ó no lejos de él.

Quando damos vuelta rápidamente ſobre un miſmo punto de nueſtro cuerpo, ó al rededor de un miſmo punto poco diſtante de él, es claro que nueſtra ſangre, nuestros humores, y nueſtros eſpíritus vitales deben neceſariamente adquirir un *Movimiento centrífugo* proporcional á la rapidez de nueſtra revolucion, y que eſte movimiento centrifugo en virtud del qual todos nueſtros Fluidos tiran á eſcapar con violencia fuera de nueſtro cuerpo por todas ſus partes como por otras tantas tangentes de nueſtra revolucion debe neceſariamente turbar en noſotros su curſo natural, alterando así toda nuestra economía animal, y deſordenando toda la accion regular de los diverſos órganos de que dependen las varias funciones del alma.

Pero nada de eſto debe ſucedernos en virtud del movimiento diurno de la Tierra, pues en fuerza de él no hacemos mas que una ſola revolucion al rededor de noſotros mismos en 24 horas, y pues que durante eſta revolucion cuyas pequeñas porciones ſon todas ſensiblemente líneas rectas (*Math.* 534), todas las partes de nueſtro cuerpo ſon moderada y uniformemente inclinadas y apartadas de la tangente por un simple movimiento de gravitacion que las es natural y comun que nada tiene de repentino y violento, y que de consi-

guiente no puede interrumpir ni alterar de manera alguna la armonía y accion natural de nueſtros órganos.

III.° No debemos asimismo experimentar *Resistencia alguna sensible* de parte de la maſa del ayre; porque la Atmósfera que rodea la Tierra, quàlquiera que ſea su altura (665) da vuelta con la Tierra y con noſotros con un movimiento comun en el Vacío, ó en un Medio nada resiſtente.

Al modo que un Pez metido en un pequeño baño lleno de agua dentro de un Navio es llevado por el movimiento rápido del Navio sin que el agua en que nada con libertad le haga experimentar resiſtencia alguna á que no eſté acoſtumbrado, y que le ſea ſensible.

IV.° Es cierto que si la Atmósfera terreſtre no dieſe vueltas con la Tierra una *Ave que saliendo de su nido vuela por el ayre* se hallaria en menos de un minuto á muchas leguas de él. Pero como la Atmósfera tiene exâctamente el mismo movimiento de revolucion que la Tierra, no se aleja el Ave de su nido mas que la quantidad que su vuelo añade ó quita al movimiento de la Atmósfera que la lleva y arraſtra consigo.

Al modo que un Salvage que desde su Canoa se arroja al agua en medio del inmenſo Rio de las Amazonas, y se echa á nadar ó en la direccion del rio, ó contra la direccion de eſte; si nada en la direccion del rio, lo que consigue con su exfuerzo es ir delante de su Canoa que le sigue llevada por el rio; y si nada contra la direccion del rio, lo que consigue con su exfuerzo es ſubſtraerſe á una parte del movimiento del rio que le lleva con su Canoa en la direccion de su corriente, y alejarſe á proporcion de su Canoa que va delante de él. Si eſte Salvage no percibe el movimiento del rio, creerá ſeguramente que no ha andado mas que el espacio que media entre él y su Canoa, siendo asi que otro movimiento que él no echa de ver le ha llevado á él y á su Canoa bien lejos del sitio en donde se ha tirado al agua.

V.° Una *Bala de Plomo* despedida verticalmente hácia

el Zenit de un fusil inmóvil y perpendicular al horizonte no debe caer detras sino en la boca misma del fusil, porque esta bala sale del fusil animada de doble movimiento, á saber del movimiento de la Tierra por la tangente, y del movimiento que la da la Pólvora encendida perpendicularmente á esta tangente, y estos dos movimientos deben conducirla por una doble diagonal, ó mas bien por una doble parábola al punto mismo de donde ha salido. (350)

Aunque esta Bala corra realmente una doble parábola al subir y al baxar por la Atmósfera: á un ojo puesto sobre la boca del fusil le pareceria siempre que sube y baxa perpendicularmente porque como sube y baxa obliqüamente por una infinidad de diagonales, se halla siempre en el Zenit del ojo que muda á cada instante de Zenit en los mismos términos que la bala.

Si esta Bala es elástica y cae sobre un plano horizontal capaz de hacerla reflectir, este plano que se está siempre moviendo le imprimirá de nuevo un movimiento semejante al que sacó del fusil quando la arrojó la pólvora, esto es un movimiento vertical sensiblemente y en apariencia, aunque no matemáticamente y en realidad.

Lo mismo se puede decir de la caida perpendicular de todos los Cuerpos sobre la superficie de la Tierra.

VI.° Una *Bala de Cañon* debe producir un mismo efecto en una muralla situada al Oriente que en una situada al Occidente.

La Bala que da en una *Muralla situada al Oriente* lleva el movimiento de la Tierra mas el movimiento que le imprime la pólvora; pero la muralla huye delante de ella, y se substrae á su percusion segun toda la velocidad de la Tierra; no debe pues la muralla padecer mas percusion que la proporcional al movimiento impreso por la pólvora á la bala.

La Bala que da en una *Muralla situada al Occidente* lleva el movimiento que la imprime la pólvora menos el movimiento de la Tierra. Pero la muralla se

avanza y camina hácia ella con todo el movimiento de la Tierra, y así la percusion que padece es igualmente que en el caso anterior proporcional al movimiento impreso por la pólvora á la bala (323).

En uno y otro caso opone el ayre igual resistencia á la Bala, y hace oir un mismo silbido; porque moviéndose la Bala, ó con mas velocidad en la direccion del ayre, ó con menos contra su direccion, le atraviesa, y echa de su lugar en iguales términos, dobla fuertemente sus moléculas elásticas, y ocasiona en ellas aquella vibracion y temblor de que resulta y debe nacer el Sonido. (669 y 675)

781. OBJECCION III. ¿Si la Tierra da vuelta cada dia sobre su exe en la direccion A B C D A: al cabo de doce horas el hombre B tendrá la situacion del Hombre D, y en este caso como podrá menos de caer al infinito de D á V en la inmensidad de los cielos? (*Fig.* 133)

RESPUESTA. Ya hemos observado que no *hay propiamente arriba ni abaxo absoluto en el Espacio infinito* (771), y que los Cuerpos terrestres tienen una tendencia hácia el centro de la Tierra sin que la tengan á acercarse al Nadir, ó alejarse del Zenit.

Asi un hombre ó un cuerpo qualquiera puesto sobre la superficie de la Tierra tira siempre eficazmente hácia el centro de ella en virtud de su gravitacion ó pesantez A T B T C T D T sin estar expuesto en ningun punto sea superior, sea inferior de la superficie terrestre á ser llevado á la region de las Estrellas R M V H N X R hácia las quales no tiene tendencia alguna sensible.

Todo el mundo sabe que un navio que parte de Londres ó de Brest con destino á dar *vuelta al Mundo* va costeando la América meridional, pasa por el Estrecho de Magallanes, atraviesa el inmenso Mar del Sur hallándose asi entre los antípodas de la Francia ó de la Inglaterra, llega á la China y á las Indias Orientales, y vuelve por el Cabo de Buena-Esperanza á Brest ó Londres. Durante toda esta vuelta al rededor del

Globo terreftre su gravitacion ó pefantez le hunden en las aguas, y tira á precipitarle hácia el centro de la Tierra igualmente en el Oriente que en el Occidente, en los antípodas de Londres que en el mismo Londres. Así, lejos de tirar efte návio puefto en D hácia V tira hácia un punto diametralmente opuefto T.

782. OBJECION IV. Si la Tierra diefe vuelta cada año al rededor del Sol en la Eclíptica deberiamos tener continuamente un nuevo Polo en el Cielo; por exemplo fupongamos *un Ojo* colocado en D y en F á las dos extremidades del exe fobre el qual la Tierra hace fus revoluciones diurnas, mientras que efte exe siempre perpendicular al plano del Eqüador C S X corre la Eclíptica P Q R T P. (*Fig.* 132)

Quando la Tierra eftá en Q efte ojo D tendrá por Polo celefte el punto *m*, y quando feis mefes despues la Tierra efté en T tendrá por Polo celefte el punto *o*: dos puntos que diftan entre sí unos 60 ó 66 millones de leguas que fon la medida del exe grande de la órbita terreftre, ó la doble diftancia media de la Tierra al Sol.

RESPUESTA. Es cierto que la Tierra andando la Eclíptica tiene á cada inftante por Polo un nuevo punto del Cielo, pues que su exe *m m* prolongado indefinidamente de una y otra parte describe cada año en el Cielo un Cilindro *m o m* cuyo diámetro es de unos 60 ó 66 millones de leguas.

Pero como el diámetro *m* V *o* de efte Cilindro no fubftiende en el Cielo mas que un arco de unos tres ó quatro fegundos fegun las Obfervaciones y cálculos de los mas célebres Aftrónomos de eftos últimos tiempos, se sigue que efte diámetro debe parecer como un punto en el Cielo, y de consiguiente que debe parecernos que el exe terreftre que hace su revolucion anual al rededor de él termina siempre fensiblemente en un mismo punto del Cielo.

Nadie ignora que fegun las Leyes de la Optica dos líneas paralelas *m m* y *o o* deben parecernos convergentes,

tes, y que coinciden en un mismo punto á una diſtancia inmenſa. Luego ſea que la Tierra eſté en Q, ſea que eſté en T debe parecernos que su exe *m m* y *o o* terminan ſensiblemente en los mismos puntos del Cielo V y V. (749)

No ha sido neceſario nada menos que toda la penetracion y deſtreza de los Aſtrónomos modernos para descubrir que el Exe terreſtre no termina siempre en los mismos puntos fixos del Cielo, y que en un espacio de ſeis meſes hay entre eſtos puntos una diferiencia de tres ó quatro ſegundos; pero eſta *diferiencia* ya se ve que es *insensible*, y que no se puede descubrir aun con los ojos mejor conſtituidos y armados de los mejores Inſtrumentos aſtronómicos, sin el auxîlio de los mas ſubtiles y profundos conocimientos de Geometría y Aſtronomía. Asi pues, el Exe de la Tierra debe dar siempre ſensiblemente el mismo Polo durante cada revolucion anual al rededor del Sol.

783. OBJECION V. Si la Tierra da vuelta cada año al rededor del Sol, *el Polo del mundo* debe alternativamente baxar y subir relativamente al horizonte de un habitante de la Tierra. Porque si yo ando de medio-dia á norte baxo de un mismo meridiano un espacio de 25 leguas veo ſubirſe el Polo boreal coſa de un grado; si ando de norte á medio-dia baxo de un mismo meridiano un espacio de 50 leguas veo al mismo Polo baxarſe coſa de dos grados. ¿Pues con quanta mas razon no deberia la Tierra mudar de altura de Polo paſando de un Trópico á otro, y acercándoſe alternativamente á uno y á otro Polo celeste muchos millones de leguas? (*Fig.* 132.)

RESPUESTA. La *altura de Polo* es el arco mas pequeño que se puede tirar desde el Polo ſobre el horizonte de un lugar. Eſte arco es siempre el mismo respecto de un mismo lugar, ſea que la tierra eſté baxo del Trópico de Cancer, ſea que eſté baxo del de Capricornio, porque el Exe terreſtre *m m* ó *r r* ú *o o* que da el Polo celeſte permanece siempre paralelo á sí mismo, y

siempre conſerva la misma inclinacion ſobre el horizonte de eſte lugar.

La grande revolucion cónica del Exe terreſtre al rededor de los Polos de la Eclíptica no muda tampoco la altura de Polo respecto de un mismo lugar, porque el horizonte de eſte lugar hace la misma revolucion que el Exe terreſtre, y eſte Exe terreſtre permanece siempre durante su revolucion cónica inclinado ſobre el *Plano del Eqüador* la misma quantidad de unos 66 grados y 32 minutos.

Si se pregunta ahora porque yendo de medio-dia á norte ó de norte á medio-dia baxo de un mismo meridiano N X R, se tiene *diferente altura de polo*, al paso que yendo de un Trópico á otro de G á H se conserva la misma altura, es fácil dar la razon. (*Fig.* 133)

Y es porque yendo de medio-dia á norte ó de norte á medio-dia ſobre la ſuperficie terreſtre *se muda de horizonte*, en vez de que yendo de un Trópico á otro ſobre el mismo punto C ó B de la ſuperficie terreſtre se conſerva siempre el mismo horizonte. En el primer caſo el horizonte baxa ó ſube respecto del Polo, en el ſegundo el horizonte conſerva siempre la misma situacion respecto del Polo. Por exemplo

I.° Si ſobre un lugar qualquiera A de la ſuperficie terreſtre eſtuviera pueſto un plano A E paralelo al horizonte R T V, y se caminaſe ſobre eſte plano de medio-dia á norte ó de norte á medio-dia por espacio de diez años ó de ciento se tendria siempre ſensiblemente el mismo Zenit M, y de consiguiente la *misma altura de polo*. Porque considerando el espacio andado A E como la baſe del ángulo A M E formado por dos líneas tiradas del Zenit M á las dos extremidades de eſte espacio se tendria un triángulo cuya baſe A E seria como nula en comparacion de los lados.

Luego el ángulo M opueſto á la baſe A E ſeria ſensiblemente nulo en comparacion de los otros dos ángulos (*Math.* 701). Luego los dos ángulos formados ſobre la baſe ſerian siempre ſensiblemente de 90 grados

cada uno. Luego el punto M seria siempre visto sensiblemente en el mismo sitio.

II.° Pero quando se va de medio-dia á norte ó de norte á medio-dia por encima de la superficie de la Tierra se camina sobre una superficie curva que se inclina continuamente, y de consiguiente da á cada instante un nuevo zenit y un nuevo horizonte. Por exemplo: sean R y V los Polos del mundo: Un Hombre en C baxo del Eqüador tiene por zenit el punto N, y por horizonte un círculo R T V cuyo plano termina en los dos polos.

Si este Hombre pasa de C á *f* tendrá por zenit el punto S, y por horizonte un círculo H T G que dista de los polos todo el arco celeste R G. Aunque el espacio andado C *f* de algunos centenares de leguas no sea nada en comparacion del arco celeste N X S R es considerable en el arco terrestre C *k* *f* B, y da un ángulo C T *f* que prolongado hasta el firmamento comprehende todo el arco N X S, y hace subir el polo R una quantidad igual R G.

III.° No es pues el espacio andado de medio-dia á norte ó de norte á medio-dia el que ocasiona una mudanza sensible de zenit ó de altura de polo, sino la inclinacion ó curvatura de este espacio.

Así un Hombre que pasa de un Trópico celeste á otro, colocado siempre sobre un mismo punto de la superficie terrestre no muda sensiblemente de zenit ni de altura de polo; porque la Tierra se mueve en la Eclíptica como sobre un plano, y porque el espacio andado por ella de norte á medio-dia ó de medio-dia á norte es como infinitamente pequeño en comparacion del espacio que separa la Tierra de las Estrellas.

784. OBJECION VI. El vicio grande del Sistema de Copérnico es atribuir á la Tierra *dos Movimientos incompatibles*, uno de occidente á oriente al rededor del exe del Eqüador, y otro de oriente á occidente al rededor del exe de la Eclíptica. ¿Porque no es evidente que estos dos movimientos deben destruirse recíprocamente,

y que el movimiento de occidente á oriente no puede subsistir en un mismo móvil con el de oriente á occidente? Luego el Sistema de Copérnico es enteramente ruinoso en este punto fundamental.

RESPUESTA. ¿Si los dos movimientos de que se trata fuesen incompatibles en la Tierra lo serian menos en el Firmamento? ¿Y quien no ve que es cierto y evidente que estos dos movimientos que se dicen incompatibles exîsten forzosamente ó en el Globo terrestre, ó en el celeste? Así esta Objecion milita igualmente contra Ptolomeo y Tycho-Brahe, que contra Copérnico y contra la Naturaleza misma. Pero demostrarémos su futilidad en el Sistema de Copérnico que es el que nos incumbe defender.

Repugna á la verdad que *un mismo Móvil* tenga á un mismo tiempo un movimiento de occidente á oriente, y otro de oriente á occidente al rededor de unos mismos puntos, de un mismo exe. Pero no repugna en manera alguna que estos dos movimientos se verifiquen á un mismo tiempo en un mismo Móvil al rededor de dos exes diferentes. Es fácil hacer sensible la posibilidad y compatibilidad de los tres movimientos de la Tierra con un solo exemplo conocido de todo el mundo.

Supongamos en medio de un gran Patio embaldosado á un Estudiantillo que mientras llega la hora del trabajo y el enfado se entrega todo al tumultuoso placer de perseguir y atormentar su *Peonza* (*). Mediante una larga correa que envuelve al rededor de la parte superior de la peonza la imprime un movimiento de rotacion sobre su exe: pégala un latigazo con que la

(*) En el Diccionario de la Lengua Castellana de la Real Academia se llama *Peonza* al Cono inverso de madera sin punta de hierro ó rejo con el que se divierten los muchachos azotándole con una correa atada á un palo, que es del que habla aqui el Autor; y *Peon* á la pieza de madera casi de la misma figura, que tiene pico de hierro ó rejo, y que tiran á andar con un cordel; pero en algunos Pueblos de Castilla la Vieja truecan los nombres, y llaman *Peon* á la primera pieza, y *Peonza* á la segunda.

levanta en el aire, y la imprime un movimiento proyectil sin destruir su movimiento de rotacion. En esta Peonza observamos los tres movimientos que se pretende que sean incompatibles en la Tierra.

I.° La Peonza levantada en el aire y arrojada de occidente á oriente por exemplo, continúa en dar vueltas sobre su exe volviendo á caer hácia el centro de su gravitacion: he aqui una imágen sensible del *Movimiento diurno* y del *anual* de la Tierra, la qual enmedio de estos dos movimientos no dexa de tirar continuamente hácia su Punto central ó hácia el Sol.

II.° Si se coge súbitamente en un plano de carton ó de cobre la Peonza que va dando vueltas, y se observa con cuidado su movimiento de rotacion se percibirá que su exe rodando siempre sobre sí mismo no es siempre perpendicular al plano que le sostiene: que este exe al rededor del qual todos los puntos de la Peonza describen siempre círculos paralelos tiene él mismo por lo comun un *Movimiento cónico*, ya mas ya menos considerable: que este Movimiento cónico del exe de la Peonza no destruye en nada el movimiento de rotacion con que se mueven siempre circularmente al rededor del exe y con bastante freqüencia en una direccion opuesta á la revolucion cónica del exe todas las partes de la peonza: que si suponemos que esta Peonza es un pequeño mundo, un ojo puesto á la extremidad de este exe tendria succesivamente en el Cielo diferentes polos segun sus diferentes posiciones, y que los diferentes puntos del Cielo en que terminaria este exe prolongado serian los Polos móviles de todas las revoluciones circulares al rededor del exe.

Se ve pues en esta Peonza una imágen sensible del *Movimiento cónico de la Tierra*, cuyo exe rodando siempre sobre sí mismo se inclina succesivamente de oriente á occidente, sin que ésta inclinacion regular cuyo periodo es de 25,740 años perjudique en nada al movimiento con que se mueven siempre circularmente al rededor de él de occidente á oriente todas las partes de la Tierra.

785. OBJECION VII. El Siſtema de Copérnico que concuerda tan perfeƈtamente con las Leyes del movimiento, con las Obſervaciones aſtronómicas, con toda la Teoría de la Física, y con todas las luces de la ſana Razon es por deſgracia contradicho y deſmentido por la Sagrada Escriptura que atribuye el movimiento al Sol, y la quietud á la Tierra: luego eſte Siſtema que tiene todas las apariencias de una Verdad demoſtrada no es en el fondo mas que una ingenioſa impoſtura, una hipótesis vana fundada en falso. (*)

RESPUESTA. El mayor ultraje que se puede hacer á la Sagrada Escriptura es interpretarla mal, es darla un ſentido que no tiene. Todo Edificio humano implantado ſobre el Edificio del Eſpíritu Santo le es extraño, se arruina tarde ó temprano ſobre él, y le abruma con el peſo de su ruina. En el punto de que tratamos tenemos de eſto un exemplo que ſerá para siempre memorable.

La Sagrada Eſcriptura recuerda á los hombres que el Sol en su curso mageſtuoſo paſa regularmente de oriente á occidente, de medio-dia á norte, y de norte á medio-dia sin apartarſe un punto del camino que le ha asignado y trazado el Arbitro ſupremo de la Naturaleza: que no obſtante eſte *Curso fixo y regular del Sol*,

(*) NOTA. He aqui algunos de los Textos sagrados que se han alegado y hecho valer seriamente en un tiempo de ignorancia y desatino consta el Sistema de Copérnico, y que ciertamente nada tienen que ver con ningun Sistema astronómico.

I.° *Oritur Sol, et occidit, et ad locum suum revertitur: ibique renascens girat per Meridiem, et flectitur ad Aquilonem.* Ecclesiastes 1.

II.° *Sol contra Gabaon ne movearis; et Luna, contra vallem Aïlon! Steteruntque Sol, et Luna, donec ulcisceretur se Gens de inimicis suis. Stetit itaque Sol in medio coeli, et non festinavit occumbere spatio unius diei.* Jossue, 10.

III.° *Invocavit itaque Isaias Profeta Dominum, et reduxit Umbram per lineas quibus jam descenderat in Horologio Achaz, retrorsum decem gradibus.* Reg. IV. 20.

IV.° *Firmavit orbem Terræ qui non commovebitur.* Ps. 92.

Generatio præterit, et generatio advenit: Terra autem in æternum stat. Ecclesiastes. 1.

ha sido á veces interrumpido milagrosamente por una beneficencia especial del Omnipotente Dios de Israel, y que estos beneficios milagrosos merecen de parte de la Nacion Santa un reconocimiento eterno. Este es el sentido general de los diferentes Textos de la Escriptura en que se hace mencion del movimiento del Sol, y de la milagrosa interrupcion de este movimiento.

¿Pero no es evidente que estos Textos de la Escriptura pueden tener indiferentemente por objeto, ó el *Movimiento real*, ó el *Movimiento aparente* de la antorcha del mundo, pues que una y otra especie de movimiento es igualmente propia para hacer sentir á los hombres el poder y la beneficiencia del Eterno en la economía de la Naturaleza y de la Religion? ¿Porque pues restringir de un golpe y sin exâmen su significacion al solo movimiento real? ¿Porque excluir de su significacion temerariamente y sin razon alguna el movimiento aparente?

El único objeto de los Autores sagrados en estos Textos es recordar á los hombres los beneficios naturales y sobre-naturales de la Providencia, hacerles admirar la sabiduría, y amar la beneficencia del Ser Supremo así en el órden de la Naturaleza como en el de la Religion, y no dogmatizar secamente sobre puntos de Física y Astronomía (713). Siendo este último objeto enteramente extraño á la Religion y á las Costumbres, la Sagrada Escriptura prescinde y debe prescindir enteramente de él.

Hablando pues la Sagrada Escriptura de las maravillas de la Naturaleza, ó de los milagros que tienen relacion con ellas no habla ni debe hablar á la generalidad de los hombres de otro modo que conforme á las apariencias: de otro modo que acomodándose al modo de ver y entender que tiene la Multitud la qual está muy lejos de ser filósofa, ni astrónoma. Es pues claro que el sentido de los Textos sagrados que se objetan contra el Sistema de Copérnico no es mas propio del movimiento real que del movimiento aparente. Es

pues claro que eſtos Textos se pueden entender indiferentemente del movimiento aparente, ó del movimiento real; y he aqui ya deſvanecida toda la fuerza de la objeccion que se propone.

Respuesta II. Supueſta eſta obſervacion general cuya verdad conoce todo entendimiento á quien no ciegue el fanatiſmo, digo:

I.° Que en los Textos ſagrados que atribuyen al Sol un movimiento de oriente á occidente, de medio-dia á norte, y de norte á medio-dia no se trata mas que de un *Movimiento aparente*, y que nada prueba que se trate en ellos de un Movimiento real.

Que eſtas expresiones *el Sol sale*, *pasa al meridiano*, *se pone* no significan otra coſa en la Eſcritura del miſmo modo que en la boca de los Aſtrónomos de profesion, sino que el Sol móvil ó inmóvil empieza á alumbrar el horizonte, eſtá en su mayor elevacion ſobre el horizonte, acaba de alumbrar el horizonte &c.

II.° Que en el Texto en que se refiere que al órden de Joſué el Sol ſuspendió su movimiento durante un eſpacio de tiempo igual al de un dia, ſolo se trata de una ſuspension *de Movimiento aparente*. Que el milagro consignado en los Libros ſagrados es el miſmo, ſea que el movimiento real que fué entonces interrumpido eſtá en el Sol miſmo, ſea que eſtá ſolamente en la Tierra: que aun ſuponiendo que Joſué eſtuviese inſtruido de que la Tierra se movia, y el Sol eſtaba quieto no debia explicarse en otros términos. Porque si hubiera dicho simplemente que la Tierra habia ſuspendido milagroſamente su movimiento, nadie hubiera comprehendido el *memorable Milagro* que queria consignar y eternizar en la memoria de su Nacion: que eſte memorable milagro consiſtió en que contra el órden de la Naturaleza, la Tierra dexó de moverse asi al rededor de su Exe como en la Eclíptica durante un dia entero, lo que hizo que pareciese contra el curſo natural de las coſas durante un dia entero, ó durante un eſpacio de tiempo igual á un dia que el Sol correſpondia conſtante-

temente á un mismo punto del Cielo: lo que jamas habia sucedido hasta entonces, y nunca ha vuelto á suceder despues.

III.° Que la retrogadacion milagrosa del Sol en el Reynado de Ezechîas fué solo una *Retrogradacion aparente*, y que este milagro consistió en que la Tierra en vez de continuar rodando sobre su exe de occidente á oriente conforme al curso natural de las cosas, rodó milagrosamente sobre su exe en direccion opuesta de oriente á occidente, y anduvo retrocediendo un arco de diez grados, lo que dió necesariamente al Sol un movimiento retrógado semejante en su aparente revolucion diurna, y que el Milagro es el mismo en este caso igualmente que en el anterior, sea que el movimiento milagrosamente interrumpido esté en el Sol, sea que esté en la Tierra (752).

IV.° Que los Textos que se citan para probar la quietud ó inmovilidad de la Tierra no tienen el sentido que se les atribuye. Por exemplo

En el Texto del Ecclesiastes *Terra autem in æternum stat* se pone en contraste la deplorable caducidad de la vida humana con la inalterable duracion de la Tierra, y asi se trata en él no de la quietud ó inmovilidad de la Tierra, sino de su permanencia.

En el Texto del Psalmista *Firmavit orbem Terræ qui non commovebitur* se opone la fragilidad de las obras humanas á la indestructibilidad de las del Eterno. Las obras de los hombres tiran siempre á su ruina por alguna parte, pero el Globo terrestre que es la Obra del Criador no tiene en sí causa alguna que le altere, que le descomponga, que deba causar su destruccion, ó que se oponga á su eterna exîstencia, y asi en este pasage habla el Psalmista no de la quietud, sino de la inalterabilidad de la Tierra.

786. OBJECCION VIII. La interpretacion que acabamos de dar á los Textos mencionados de la Sagrada Escriptura substituyendo en todos ellos la apariencia á la realidad de los Movimientos no tira á nada menos que á trastornar toda la Religion; porque con solo gene-

ralizar efte modo de interpretar los Libros fagrados se podrá decir por exemplo que el Verbo ha encarnado ó muerto por los hombres en apariencia, y no en realidad! ¿Y en efte cafo que ferá de todo el Depósito de la Revelacion? Se debe pues fegun el Axîoma generalmente recibido entender los Textos de la Sagrada Escriptura en el *sentido natural y obvio*; y de consiguiente renunciar á un Siftema que no se puede foftener de otro modo que alterando el Sentido natural de la Escriptura.

RESPUESTA I. Sin entrar aqui en ninguna difcusion metafísica fobre el modo de explicar los Textos fagrados que parecen fusceptibles de diferentes fentidos, es cierto *que jamas se debe dar á estos Textos un sentido absurdo*, un fentido evidentemente falso, un fentido diametralmente opuefto á las Verdades inconteftablemente eftablecidas por la razon ó por la revelacion. Interpretar la Efcriptura del modo que pretenden los impugnadores del Siftema de Copérnico feria dar armas a la Impiedad, feria imprimir a los Libros fagrados un caráčter de mentira y abfurdidad incompatible con el origen divino que les atribuye la Religion.

Efte Axîoma bafta para justificar auténticamente la interpretacion que hemos dado. Porque he aqui como razona la Incredulidad fuponiendo con Ticho-Brahe que la Efcriptura atribuye realmente el movimiento al Sol, y la quietud á la Tierra. *La Divinidad no es absurda ni ignorante*: Luego no ha infpirado la Divinidad unos Libros que combaten dos Verdades ciertas y demoftradas entre los Físicos y Aftrónomos, quales fon el movimiento de la Tierra, y la quietud del Sol.

Efte raciocinio viene á quedar evidentemente sin réplica si se conviene en que la Efcriptura en los Textos de que se trata tiene realmente el Sentido que le da y que eftá interefada en darle la Incredulidad. Luego el Sentido que acabamos de dar á la Efcriptura en los Textos en que se hace mencion del movimiento real ó aparente del Sol, lejos de fer un atentado contra ella es el único fentido de que conforme á razon es fusceptible.

II.° No se sigue de esto que se puede arbitrariamente substituir en todos los Textos de la Escriptura la apariencia á la realidad. Porque no hay acaso en toda ella materia alguna mas que el *Movimiento del Sol* en la que la apariencia y la realidad den los mismos puntos de creencia, y los mismos motivos de afecto y de reconocimiento para con el Ser Supremo. Así pues no se debe de sacar induccion alguna del movimiento del Sol para la Encarnacion del Verbo.

La *realidad de la Encarnacion del Verbo* es un Dogma fundamental que es la base de toda la Religion, y á quien no destruye ninguna demostracion física, ni observacion astronómica. La realidad del movimiento del Sol es por el contrario un punto totalmente indiferente á la Religion, é inconciliable con la Teoría del Movimiento, con las Leyes de la Física y con las Observaciones astronómicas. Y así las razones que nos obligan á entender del movimiento aparente los Textos de la Escriptura que hablan del movimiento del Sol no nos autorizan para que substituyamos la apariencia á la realidad en los Textos que hablan de la Encarnacion y de otros infinitos objetos.

Adoptamos pues, el Axîoma general; *que se debe siempre interpretar ó entender la Sagrada Escriptura en el sentido natural y obvio*, pero con esta restriccion *quando no hay razon sólida y convincente que nos obligue á entenderla en sentido diferente.*

787. OBJECCION IX. ¿No se podrian conciliar en parte los Sistemas opuestos que hay sobre esta materia atribuyendo á la Tierra un movimiento de revolucion diurna sobre su exe en un mismo punto del Espacio infinito, al Sol un movimiento de revolucion anual al rededor de la Tierra, á los Planetas y Cometas una revolucion periódica mas ó menos larga al rededor del Sol, y á las Estrellas un movimiento de revolucion al rededor de los Polos de la Eclíptica? En esta hipótesis tendria la Tierra una inmovilidad suficiente, y el Sol, los Planetas y las Estrellas quedarian libres de este movi-

miento diurno que parece y es en efecto tan chocante.

Respuesta. No dexa de ser freqüente hallar en la Física como se hallan en la Sociedad de estos necios conciliadores, y hombres que como aquel Maese-Jacobo de Moliere en su Comedia del *Avaro*, fértiles en recursos mal imaginados y en expedientes mal concertados, no tienen otro mérito que el de irritar igualmente á los dos partidos opuestos. La Hipótesis que se nos propone es un modelo perfecto de este espíritu necio de conciliacion.

I.° Esta hipótesis es altamente rechazada por los partidarios del Sistema de la Tierra inmóvil, si es que quedan todavia algunos. Porque es evidente que si los Textos de la Escriptura que son la única base y fundamento de este Sistema atribuyen realmente la inmovilidad á la Tierra, no es menos opuesto á ellos el movimiento diurno de la Tierra, que su movimiento anual.

II.° Lo es igualmente por todos los partidarios de Copérnico, por todos los Físicos, y por todos los Astrónomos, pues es evidente que no es menos absurdo hacer dar vueltas al rededor de la Tierra contra todas las Leyes de la Física y del Movimiento al Sol con sus Planetas y Cometas, y al Firmamento con todas sus Estrellas en el espacio de un año, ó de 25,740 años, que en el espacio de un dia. Así esta Hipótesis no es otra cosa que un sueño antifilosófico á todos aspectos.

SECCION SEGUNDA.

Examen del Lleno y del Vacío.

788. Observacion. De la Qüestion que vamos á exâminar aqui depende manifiestamente toda la Física, y asi merece una especial atencion filosófica.

I.° Todo está lleno segun Descartes: de modo que si el Omnipotente quisiera hoy criar y colocar entre el Sol y las Estrellas una *Pulgada cúbica de materia*, le seria necesario apartar proporcionalmente del punto en

que hoy eftan todos los límites del Universo.

El Efpacio inmenfo comprehendido por todas partes entre el Sol y las Eftrellas eftá lleno en la opinion de efte Filófofo de una mezcla de materia globulosa, y de materia futil cuyo conjunto forma un flúido á quien da el nombre de *Ether*, ó *materia etherea*. En efta materia etherea, en efte flúido sin coherencia ni pefantez nadan fegun él algunos globos fólidos que fon los Planetas y Cometas con fus pequeñas atmósferas (163 y 164).

II.° Todo eftá casi vacío fegun Newton. En fentir de efte Filófofo no hay en el Efpacio inmenfo que media entre el Sol y las Eftrellas ninguna otra materia que la que compone los feis Planetas principales, los Planetas fecundarios, y un cierto número todavia poco conocido de Cometas.

Fuera de efte pequeño número de *Puntos sólidos* rodeados de fus pequeñas atmósferas, fuera de algunos rayos de luz efparcida en la inmensidad de los efpacios celeftes, y que se debe reputar por nada á caufa de su inconcevible division, todo fegun él eftá vacío en nueftro Mundo Planetario.

De modo que en fentencia de Newton en el Espacio inmenfo comprehendido entre el Sol y las Eftrellas el Lleno no es mas que como un infinitamente pequeño en comparacion del Vacío, y aun es verosímil que fuceda lo mismo en el espacio que fepara unas de otras las diferentes Eftrellas, que fon ellas mismas otros tantos Soles deftinados á iluminar un pequeño número de Planetas y Cometas esparcidos en el Vacío, y errantes al rededor de ellas.

IDEA EXACTA Y PRECISA DEL VACÍO.

789. OBSERVACION. Hemos demoftrado en nueftros Elementos de Metafísica que el Vacío es posible, y que el Vacío, y aun un Vacío infinito exîfte fuera de la Naturaleza material. (*Met.* 242 y 246)

Solo pues nos resta exâminar aqui la Qüestion de hecho: á saber si el Vacío exîste realmente en la Naturaleza en el espacio comprehendido entre el Sol y las Estrellas mas ó menos distantes; pero antes conviene formarse una idea exâcta del Vacío de que aqui tratamos.

I.° El término *Vacío* presenta una idea muy diferente al Pueblo que al Filósofo. El Pueblo entiende por este término un espacio en que no hay cuerpo alguno capaz de hacer impresion sobre alguno de nuestros sentidos, pero el Filósofo entiende por él un espacio en que no hay absolutamente materia alguna qualquiera sensible ó insensible.

Una botella en que hubiese una gran quantidad de ayre condensado, ó una gran quantidad de materia ígnea, luminosa, eléctrica ó magnética seria para el Pueblo una botella vacía, pero para que la capacidad de esta botella fuese un verdadero Vacío en el sentido en que lo entiende el Filósofo seria necesario que no hubiese en ella ni ayre, ni fuego, ni luz, ni ninguna otra materia qualquiera.

II.° El Vacío de que aqui tratamos es pues una privacion de toda materia qualquiera sensible ó insensible en todo el espacio, ó en una parte inmensamente grande del espacio comprehendido entre el Sol y las Estrellas.

Vamos á hacer ver, en primer lugar que los diversos movimientos de los Cuerpos que nos rodean no pueden efectuarse sin dexar entre ellos algunos *Vacíos reales* mas ó menos grandes; y en segundo que los movimientos de los Planetas y Cometas al rededor del Sol no pueden efectuarse sin suponer un *Vacío casi perfecto* en los Espacios celestes.

PROPOSICION I.

790. *Los Movimientos de los Cuerpos que nos rodean no pueden efectuarse sin dexar una infinidad de Vacíos mas ó menos grandes en la Naturaleza.*

Demostracion. Hay movimiento en la Naturaleza, hay en ella Cuerpos cuyas partes se acercan ó apartan unas de otras: luego hay Vacío en la Naturaleza, en la que los Cartesianos quieren que todo eſté lleno. Demueſtro la conſeqüencia.

I.° Como la Materia no eſtá ni puede eſtar infinitamente dividida (67) ſegun confieſan los Cartesianos mismos, consideremos en la Materia dos *Elementos de la especie mas pequeña* y ſupongamoslos contigüos: ſobre estos dos elementos raciocino de eſte modo.

Conſta por los movimientos que obſervamos en la Naturaleza que eſtos dos elementos ú otros dos qualesquiera ſemejantes se ſeparan y apartan uno de otro. Es así que eſtos dos elementos no pueden ſepararſe uno de otro sin dexar entre sí *un Vacío* que ningun cuerpo pueda ocupar ni llenar. Y lo demueſtro:

El uno de eſtos dos elementos no puede apartarſe del otro en toda la longitud de su diámetro sin que antes se haya apartado en la longitud de su semidiámetro: es así que en eſte inſtante en que eſtos dos elementos los mas pequeños que hay en la Naturaleza no eſtan todavia apartados el uno del otro mas que la *mitad de uno de sus diámetros* hay entre ellos un Vacío que ninguna materia puede ocupar y llenar: y lo demueſtro. Para que el espacio de que hablamos pudieſe ſer ocupado y llenado por otra materia, ſeria neceſario que hubieſe en la Naturaleza elementos de materia cuyo diámetro entero fueſe igual á la mitad del diámetro de los elementos mas pequeños: es decir, ſeria neceſario que hubieſe elementos mucho mas pequeños que los mas pequeños de todos los elementos, lo que es evidente que ſeria una contradiccion manifieſta.

Luego entre eſtos dos elementos en el eſtado en que los ſuponemos hay un Vacío que ninguna materia puede ocupar ni llenar: luego hay entre ellos un verdadero Vacío: luego hay Vacío en la Naturaleza.

II.° Si uno de los mas pequeños elementos eſtá contigüo á otro elemento de una especie mas grueſa eſtos

dos elementos no pueden tampoco separarse sin dexar entre sí un *Vacío* que ninguna materia pueda ocupar.

Porque es evidente que el elemento mas pequeño debe apartarse del elemento contigüo una quantidad igual á la *mitad de su diámetro* antes de apartarse una quantidad igual á todo su diámetro: luego el elemento pequeño no puede apartarse y separarse del grande sin dexar un Vacío en la Naturaleza.

III.° Si un número inmenso de elementos de diferente especie y grandor estan unidos en una sola masa sólida ó líquida sin Vacíos, digo que aun en este caso estos elementos no pueden separarse sin dexar entre sí *una infinidad de Vacíos* en el instante de su separacion.

Porque sea esta masa una mezcla de agua, arena, arcilla, diferentes sales, diferentes aceytes, y de todos los flúidos invisibles que se insinúan en los cuerpos. Para que en esta masa no haya Vacío alguno es necesario que los intersticios que dexan entre sí los elementos mas gruesos sean llenados por otros elementos de una especie mas pequeña: es necesario que los Vacíos que dexan entre sí estos últimos sean llenados por otros elementos aun mas sutiles y así progresivamente hasta la total contigüidad de todos los elementos en todos los puntos de su superficie.

Aora pues en este caso de contigüidad total los elementos mas pequeños de toda esta masa estan contigüos ó á elementos tan pequeños como ellos, ó á elementos mas grandes que ellos, y en una y otra suposicion la separacion no puede hacerse sin dexar Vacíos, como acabamos de demostrar.

IV.° De lo dicho resulta que es forzoso ó que los elementos que componen una gota de agua por exemplo, no puedan jamas separarse ni apartarse unos de otros, ó que la separacion succesiva de estos elementos dé succesivamente lugar á la exîstência de una infinidad de *Vacíos pequeños*.

Es así que es evidente que el movimiento de separacion se verifica constante y continuamente en el elemen-

mento del agua, en el del ayre, en el del fuego, en todo el mecanismo del reyno animal y vegetal, en una palabra en toda la Naturaleza expuesta á nuestras observaciones. Luego sin exâminar todavía si exîsten efectivamente los grandes *Vacíos de Newton*, es cierto que hay en la Naturaleza por lo menos una infinidad de pequeños Vacíos y que el Lleno de los Cartesianos es una verdadera chîmera que destruyen los Fenómenos del Movimiento que por todas partes se presentan á nuestra vista. L. Q. P. D.

791. Objeccion. Se puede suponer la *Materia sutil de Descartes* destinada á llenar los intersticios que puede haber entre los otros dos elementos de una ductilidad sin término. ¿Que inconveniente habria pues en decir que al paso que dos elementos contigüos de materia sutil se apartan uno de otro un quarto, ó una mitad de su diámetro, otra materia sutil en virtud de su ductilidad se subtiliza todavía mas para llenar siempre el espacio que causa la separacion en su principio y progresos?

Respuesta. Esta *infinita Ductilidad* que se ven forzados los Cartesianos á atribuir á la Materia sutil en su Hipótesis del Lleno es la mayor chîmera de una hipótesis compuesta toda ella de chîmeras.

I.° Hemos probado ya en otra parte que los elementos primitivos de la Materia, ó los principios de los cuerpos han recibido del Criador una masa fixa que nada puede decentar, y una figura determinada que no está sujeta á alteracion alguna; lo que á no ser así no habria estabilidad, uniformidad ni permanencia alguna en la Naturaleza, la que vemos siempre semejante á sí misma (145).

¿Porque causa la Materia sutil habria sido substraida á la Ley que comprehende á todos los otros elementos? ¿Porque mecanismo físico, ó mas bien porque virtud mágica la Materia sutil, este Proteo mas prodigioso que el de la Fábula puede tomar en un solo instante una infinidad de formas diferentes sin alterar su naturaleza primitiva?

II.° Pero fupongamos por un momento la realidad de efta chîmera, de efta infinita ductilidad de la materia fubtil, y exâminemos las confeqüencias que de ello deben refultar. Sean *dos globitos de luz contigüos* y de una pequeñez inconcevible.

En la hipótesis de un *Lleno perfecto*, para que eftos dos globitos puedan apartarfe uno de otro la longitud de uno de fus diámetros, es necefario que una materia infinitamente menor venga á llenar mediante una infinidad de capas fuccesivas el efpacio que se forma fuccesivamente entre ellos, y que es igual á uno de fus diámetros.

Efto no bafta. Es necefario ademas que efte número infinito de capas interpueftas entre eftos dos globitos de luz en un efpacio igual á uno de fus diámetros, se feparen unas de otras, pues sin efto toda la Naturaleza feria bien pronto una mafa privada de movimiento. Aora pues es claro que una capa no puede fepararfe de otra una quantidad igual á todo su gruefo sin haberse ántes apartado una quantidad igual al quarto, á la mitad, á los dos tercios, á los tres quartos de él, y así progresivamente. Será pues necefario para evitar en efta feparacion la exîftencia del Vacío, que una infinidad de capas nuevas de una materia fubtil infinitamente mas atenuada que la precedente venga á llenar los infinitamente pequeños interfticios que dexarán entre sí las capas de que hablamos, al apartarfe fuccesivamente una de otra el quarto, la mitad, el todò de su gruefo, el qual no es en sí mas que una parte infinitamente pequeña del diámetro de un globito como infinitamente pequeño.

Aun hay mas; para feparar unas de otras eftas últimas capas cuyo gruefo es ya infinitamente menor que el de las primeras, el qual es en sí infinitamente pequeño ferá necefario imaginar una infinidad de nuevas capas de una materia siempre infinitamente mas atenuada para introducirlas fuccesivamente entre las capas que se quiere apartar y feparar sin que quede entre ellas

Vacío alguno, y así progresivamente al infinito. ¿Y no es esto un delirio? ¿No es esta chîmera?

PROPOSICION II.

792. *Los Fenómenos del Movimiento que observamos al rededor de nosotros en los Cuerpos terrestres destruyen el Lleno de Descartes, y demuestran la exîstencia de los grandes Vacíos de Newton.*

DEMOSTRACION I. Si todo está lleno, sino hay vacío alguno en la Naturaleza es evidente que los medios en que se mueven los cuerpos sólidos, son iguales á ellos en densidad. Si estos medios son iguales en densidad á los cuerpos sólidos deberán segun las *Leyes de la comunicacion del movimiento* (321) hacer perder en un instante á los cuerpos sólidos todo su movimiento; lo que es manifiestamente contra la experiencia, como lo vemos en una bomba ó bala que se mueven en el ayre.

Luego es necesario que una bala que la pólvora inflamada despide por el ayre se mueva en un medio de muy poca densidad; en un medio que tenga una quantidad muy grande de Vacío; en un medio que contenga incomparablemente ménos materia que contiene la bala misma, la qual tiene mucho Vacío: mucho mas Vacío que Sólido (199).

II.° Newton ha observado y demostrado por una multitud de experiencias, que las esferas que se mueven en el ayre experimentan siempre una resistencia proporcional á sus superficies, qualquiera que sea su densidad. Por exemplo, que un globo de carton de un medio pie de diámetro experimenta en el ayre precisamente la misma resistencia que un globo de plomo del mismo diámetro.

Es así que si todo estuviese lleno como lo pretenden los Cartesianos, estas Esferas deberian experimentar no una resistencia proporcional á sus superficies, sino una resistencia proporcional así á su superficie como á su densidad; porque siendo la materia subtil segun los mismos Cartesianos de una sutileza inconcevi-

ble, es claro que deberia insinuarſe por entre los poros de eſtas esferas, y oponer una resiſtencia no ſolo á ſus partes ſólidas exteriores, sino tambien á todas ſus partes ſólidas, ſean exteriores, ſean interiores. Luego deberia oponer al movimiento de eſtas esferas no simplemente una resiſtencia proporcional á su ſuperficie, sino una resiſtencia proporcional asi á su ſuperficie como á su densidad; lo que con todo no ſucede. Luego la hipótesis del Lleno es tambien en eſto opueſta á la experiencia.

III.° Quando por medio de una Máquina Pneumática se ha extraido el ayre contenido en un largo Tubo de vidrio A B (*Fig.* 11), una pluma ligera y una motita de lana entregadas á su peſantez caen al fondo de eſte tubo con la miſma velocidad que una laminita de oro ó plomo (245).

Luego quando se extrahe el ayre de eſte Tubo se diſminuye inmenſamente la *densidad del Medio* en que se mueven eſtos cuerpecitos, pues á no ſer así, aun despues de que se hubieſe hecho obrar á la Máquina todo lo que se quisiese, experimentarian como ántes una resiſtencia proporcional á ſus volumenes que les haria caer con velocidades desiguales. Luego deſpues que se ha extraido el ayre de eſte Tubo hay en él incomparablemente menos materia que antes.

Luego el Ether Cartesiano que no se ſaca del Tubo quando se extrae de él el ayre, eſtá muy léjos de producir un *Lleno perfecto* en la Naturaleza, pues que ni aun tiene la densidad ſuficiente para oponer una resiſtencia ſensible á los cuerpos que le atravieſan y le echan de su lugar.

IV.° De eſtas varias Experiencias se sigue que la Atmósfera que nos rodea eſtá muy léjos de tener la densidad que la ſuponen gratuitamente y sin prueba los Cartesianos: y que eſta Atmósfera contiene Vacío y una quantidad muy grande de Vacío, la qual puede ſer ſometida al cálculo, y determinada ſobre principios fixos y ciertos.

Porque se ſabe que la *denſidad del Ayre* es propor-nal al peſo que le comprime (619), y que el Ayre eſtá otro tanto menos comprimido quanto ſus capas se alejan mas de la ſuperficie del Mar (662). De donde se sigue que el Ayre que es ya un cuerpo como 800 veces menos denſo que el agua cerca de la ſuperficie terreſtre, se diſminuye en densidad, y aumenta en vacío á medida de que ſus capas se alejan mas y mas de nuestro Globo.

Newton ha hallado por el cálculo que á la altura de 40 millas de Inglaterra, que hacen como unas 13 leguas y media de Francia el Ayre debe ſer mil veces mas raro y menos denſo que cerca de la Tierra: que á la altura de 80 millas ó 27 leguas debe de ſer un millon de veces mas raro y menos denſo: y que á la altura de 160 millas ó de 54 leguas debe de ſer 1,000, 000,000,000 de veces menos denſo, ó mas enrarecido y mas vacío que en el que eſtamos envueltos y que respiramos.

De donde se infiere que si se prosigue calculando la menor densidad y mayor quantidad de Vacío que debe tener el Ayre á proporcion de su mayor diſtancia de la Tierra, se hallará que la Luna, los Planetas y los Cometas se mueven en un Vacío casi perfecto, y de consiguiente que exîſten los grandes Vacíos de Newton. L. Q. P. D.

PROPOSICION III.

793. *Los Fenómenos del Movimiento que observamos léjos de nosotros en los Planetas y Cometas destruyen el Sistema del Lleno y de los Turbillones, y demuestran la necesidad y exîstencia de un Vacío casi perfecto en los Espacios celestes.*

DEMOSTRACION. Harémos ver la verdad de eſta Proposicion con dos Pruebas igualmente ſensibles y ſolidas, tomadas la una del movimiento de los Planetas, y la otra del de los Cometas (164).

I.° Conſta por las Obſervaciones aſtronómicas que los

Planetas hacen ſus revoluciones periódicas al rededor del Sol unos en *tiempos* mas largos, y otros en *tiempos* mas cortos, todos ellos en *Curvas* cuyo foco y no el centro ocupa el Sol, y en *Planos* que no ſon paralelos entre sí, y que se cortan unos á otros. He aqui tres coſas que es imposible conciliar de un modo ſatisfactorio con la exîſtencia del Lleno y de los Turbillones.

¿Porque ſuponiendo que los ſeis Planetas ſean arrebatados al rededor del Sol por uno ó muchos Turbillones inmenſos de materia ſutil tal como la imaginan los Cartesianos. (*Fig.* 124)

Se concibe acaſo como mientras que la Tierra hace una revolucion entera A D A al rededor del Sol no hace Júpiter mas que una décima, y Saturno mas que una trigésima parte de su revolucion?

¿Se concibe acaſo como cortándoſe unos á otros los diferentes Planos de las Orbitas de los Planetas pueden deber eſtos ſus revoluciones fixas y regladas á una materia impulsiva que se mueve de consiguiente cortándoſe regular y continuamente baxo de ángulos diferentes?

II.° Es cierto que los Cometas ſon globos opacos tan antiguos como el Mundo, y baſtante ſemejantes á nuestros Planetas. Conſta por las Obſervaciones aſtronómicas que eſtos *Globos Cometas* haciendo continuamente sus revoluciones periódicas al rededor del Sol se mueven en los Espacios celeſtes hácia todos lados y en todas direcciones. Unos de occidente á oriente como la Tierra en la direccion M N O P M. Otros de oriente á occidente en la direccion *m n o p m*. Eſtos de medio-dia á norte en la direccion G H K L G, y aquellos de norte á medio dia en la direccion *g h k l g*, y así de los demas. (*Fig.* 125.)

¿Pero si es verdad que el impulso del gran *Torrente de materia etherea* arrebata los Planetas A B C D A de occidente á oriente al rededor del Sol, no es evidente que eſte mismo impulſo debe detener el curſo de los Cometas que van de oriente á occidente, apartar de su carrera á los que van de norte á medio-dia ó de medio-dia á norte, y arraſtrar en su direccion y con

una velocidad igual á la ſuya los que van de occidente á oriente?

Casi todos los Cometas de que tenemos obſervaciones mas puntuales, quando han llegado á eſtas Regiones del Cielo en que se mueven los Planetas se han acercado al Sol mucho mas que lo eſtá la Tierra A B C D A despues de haber atravesado casi todas las órbitas de Saturno, Júpiter, Marte y la Tierra. (*Fig.* 124 *y* 125)

¿Como han podido meterſe y undirſe ſuccesivamente en los Turbillones particulares de eſtos diferentes Planetas, Turbillones mas ó menos opueſtos á su curſo sin alterar su movimiento, sin perder su direccion que permanece siempre la misma? ¿Y despues de haber eſtado ſumidos durante un tiempo considerable en eſtos diferentes Turbillones, y haber llegado haſta cerca del Sol mismo, como han podido ſalir de ellos? ¿Como y porque milagro han resiſtido continuamente á la fuerza impulsiva de los diferentes Turbillones de Saturno, Júpiter, Marte y la Tierra, los quales deberian haberles arrastrado cada uno en su propia direccion? ¿Como y porque milagro despues de haber en fin ſalido de eſtos diferentes abismos, y hallarſe ya mas arriba del Turbillon de Saturno podrian tener todavia algunas veces mas velocidad que Saturno y que Júpiter, á peſar de que ſegun los mismos Cartesianos las diferentes *Capas de los Turbillones* tengan una revolucion cada vez mas lenta á medida de que se alejan del Sol centro comun de todas las revoluciones?

III.° Reſulta evidentemente de todo lo que acabamos de obſervar ſobre los movimientos regulares y periódicos de los Planetas y Cometas al rededor del Sol centro comun de sus revoluciones, que eſtos movimientos en tantas direcciones tan diferentes y opueſtas no pueden efectuarſe á no ſer que ſea en un *Espacio perfectamente libre*, en un Espacio totalmente incapaz tanto de impulsion como de resiſtencia, en una palabra en un Espacio vacío ó casi vacío.

Luego los Espacios celeſtes en donde se efectuan

en todas direcciones y á todas diſtancias los movimientos regulares de los Planetas y Cometas ſon evidentemente *Vacíos inmensos* en los términos en que los admite Newton.

Luego el Siſtema del Lleno y de los Turbillones inventado por Descartes, reformado por Malebranche, largo tiempo ſoſtenido y en fin abandonado por los mas bellos Ingenios de diferentes Naciones no es otra coſa que un *brillante Romance* que todos los grandes Fenómenos de la Naturaleza acreditan y demueſtran ſer una chîmera, y que puede muy bien liſongear y ſeducir la imaginacion, pero que se desvanece quando se le exâmina á la luz de la Experiencia, de las Obſervaciones aſtronómicas, de la Teoría del Movimiento, en una palabra á la luz de una Razon ſenſata é iluſtrada. L. Q. P. D.

OBJECIONES Y RESPUESTAS.

794. OBJECION I. El *Ether Cartesiano*, ó la Materia globuloſa y ſubtil que llena la inmensidad de los Cielos no tiene peſantez alguna, pues que es ella misma la cauſa de la peſantez, y la cauſa debe neceſariamente diſtinguirſe del efecto. Luego eſte Ether no puede ni debe oponer resiſtencia alguna al movimiento de los Cometas. Pruebo la conſeqüencia:

Un *Globo de cera* pueſto ſobre un Plano horizontal necesita de una cierta quantidad de fuerza motriz para ſer movido en la direccion ó contra la direccion del Plano; porque eſte globo tiene una peſantez por la qual tira contra el plano, por la qual resiſte á qualquiera movimiento opueſto á la direccion de la peſantez.

Pero si eſte mismo Globo de cera eſtá metido en un Líquido de la misma peſantez específica que él, en eſte caſo eſtando en equilibrío con eſte Líquido no tiene peſantez, y la experiencia enſeña que una fuerza infinitamente pequeña baſta para moverle en una direccion qualquiera dentro de eſte Líquido. Luego los Cuerpos ſo-

ſolo reſiſten al movimiento en virtud de su peſantez: luego el Ether Cartesiano que se ſupone sin peſantez no puede oponer reſiſtencia alguna al movimiento de los Planetas y Cometas.

Respuesta. Sería difícil reunir mas paradoxas, mayores falſedades, contradicciones é inconſeqüencias en menos palabras. Exâminemos cada una de por sí las diferentes partes de eſta Objecion.

I.° Harémos ver bien pronto que toda Materia ſea ſólida, ſea líquida, ſea fluida tiene una *Pesantez inherente á su naturaleza* é independiente del Ether Cartesiano, y que eſta peſantez inherente á todo cuerpo, á toda materia qualquiera es el efecto de una *Ley general de la Naturaleza*, en virtud de la qual todos los Cuerpos tienen unos hácia otros una tendencia general que es siempre proporcional á la maſa del Cuerpo atraente dividida por el quadrado de la diſtancia del Cuerpo atraido (800 y 805.)

II.° Aun quando el Ether Cartesiano no tuvieſe peſantez, no se ſeguiria que no opusiese reſiſtencia; porque hay en los Cuerpos una *Fuerza de inercia*, una reſiſtencia al movimiento, independiente de su naturaleza. Lo demueſtro:

Sean dos globos de medio pie de diámetro, el uno de plomo y el otro de carton, el uno muy peſado y el otro muy leve. Si abandonando ſuccesivamente eſtos dos globos á su gravedad, y dexándolos caer perpendicularmente al horizonte les doy á uno y á otro durante su caida vertical un fuerte martillazo en la direccion que llevan, experimento *una Resistencia* que ſeguramente no puede provenir de su peſantez, pues la peſantez léjos de oponerme reſiſtencia alguna ſubſtrae por el contrario el globo en que pegó al golpe que le doy. Luego eſtos dos globos tienen una reſiſtencia independiente de su peſantez, y es claro que se puede decir lo mismo de qualquiera otra materia.

En vano se diria que la Reſiſtencia que experimento proviene de la peſantez del Ayre en que se mueve el

globo herido: porque si el Ayre fuera la única causa de la resistencia que experimento, ambos globos el de carton y el de plomo como que echan de su lugar una columna igual de ayre, me opondrian una resistencia igual. Lo que es evidentemente contrario á la experiencia, por la que consta que el globo de plomo resiste mas que el de carton. Luego los Cuerpos tienen una resistencia independiente de su pesantez, una resistencia inherente á su naturaleza, una resistencia proporcional á su densidad, una resistencia en fin nacida de su Fuerza de inercia (286.)

Luego aun quando el Ether Cartesiano no tuviese pesantez como gratuitamente se supone, no se seguiria que no opusiese resistencia alguna.

III.° ¿Pero que la experiencia del *Globo de cera* es bastante decisiva? ¿Acaso este globo de cera metido en un Liquido de igual pesantez carece realmente de ella? No por cierto; pues su pesantez se emplea actualmente en sostener á una cierta elevacion un volúmen de Líquido igual al suyo.

La pesantez del globo y la del Líquido que echa de su lugar se destruyen en sus efectos iguales y opuestos, pero no en su naturaleza siempre reciprocamente puesta en accion contra la fuerza opuesta, y así esta pesantez del globo metido en el Líquido obra continuamente. Luego subsiste: luego no está destruida. (583 y 584.)

IV.° Pero supongamos aun si se quiere, que este *Globo de cera* no tiene pesantez alguna dentro de su Líquido, y con una cuerda tiremos de él muy rápidamente en una direccion horizontal ó vertical en el seno del Líquido. Experimentarémos al moverle de este modo una resistencia que crecerá como el quadrado de la velocidad, no obstante de que la pesantez del Líquido no oponga resistencia alguna al movimiento horizontal ó vertical de este globo que esté en equilibrio con él.

Luego hay en los Cuerpos una resistencia independiente de la pesantez. Luego aun quando el Ether Car-

tesiano no tuviese pesantez alguna, suposicion que no es conforme á las Leyes establecidas por el Criador en el órden presente de la Naturaleza, no por eso dexaria de oponer una resistencia inmensa á los globos celestes que se mueven dentro de él en una direccion mas ó menos opuesta á la suya.

V.° Es claro que no puede haber percusion real y propiamente tal entre dos Cuerpos sin que haya una *Resistencia recíproca* entre el cuerpo herido y el que hiere;

Porque el Cuerpo herido tiene una resistencia al movimiento que no puede ser vencida sino por una *Resistencia superior y opuesta* en el cuerpo que tira á echarle de su lugar. ¿Como el cuerpo que hiere echará de su lugar al herido *sino resiste eficazmente* á la accion y resistencia que éste le opone?

Luego si el Ether Cartesiano arrebata mediante su impulsion los Planetas como pretenden Descartes y sus Discípulos, es necesario que tenga una resistencia opuesta á la *Fuerza de inercia de los Planetas*, y superior á ella. Luego si el Ether Cartesiano es la causa mecánica cuya accion siempre subsistente mueve los Planetas haciéndoles seguir su direccion, esta misma accion mas ó menos grande, mas ó menos eficaz debe producir el mismo efecto en los Cometas.

VI.° Los Cometas son la verdadera *Piedra de toque* del Sistema Cartesiano; porque ó los Turbillones son la verdadera causa física de los movimientos celestes, y en este caso su influencia mecánica debe de ser la misma sobre los Cometas que sobre los Planetas, ó estos Turbillones no obran sobre los Cometas, y en este caso no deben tampoco obrar sobre los Planetas.

Si los Turbillones no obran ni sobre unos ni sobre otros, son enteramente inútiles en la Naturaleza; si *obran*, su accion es opuesta á los fenómenos de la Naturaleza, y debe de mil modos turbarse, confundirse, alterarse y destruirse.

Luego los Turbillones no son mas que una *vana* y *brillante chîmera*: luego su impulsion no es la verda-

dera caufa física de los Movimientos celeftes.

795. OBJECCION II. Los Espacios celeftes eftán llenos de una quantidad inmenfa de materia luminofa : porque en qualquiera punto del Cielo que se fuponga colocado un ojo recibirá una impresion fensible que trazará en él la imágen del Sol : es así que efta quantidad inmenfa de materia luminofa que exîfte evidentemente en los Espacios celeftes no es otra cofa que el Ether Cartesiano : luego exifte el Ether Cartesiano.

RESPUESTA. La Luz esparcida por los Espacios celeftes no tiene nada de comun con el Lleno de Descartes, nada de opuefto á los inmenfos Vacíos de Newton, ni nada de incompatible con la libertad, y regularidad de los Movimientos celeftes, como es fácil demoftrarlo y hacerlo fentir.

I.° Efta Luz nada tiene de comun con los Turbillones de Descartes, porque los Turbillones de éfte se mueven en una direccion comun, paralela con corta diferencia á una fuperficie de esfera ; y efta Luz se mueve en línea recta en la direccion de los radios de una esfera cuyo centro es el Sol. Los Turbillones confervan siempre y por todas partes *la misma densidad* ; y éfta Luz descrece en densidad á medida de que se aumenta el quadrado de su diftancia al punto luminofo. (719)

II.° Efta Luz nada tiene de incompatible con los *grandes Vacíos de Newton* ; porque aunque no se pueda asignar en la inmensidad de los Cielos espacio alguno en que colocado un ójo no reciba un número de rayos fuficiente para trazar en él la imágen mas ó menos grande, mas ó menos fensible del Sol y de las Eftrellas no se sigue de efto que haya en los Espacios celeftes una quantidad muy grande de materia luminofa.

Para concebir como éftos chorritos infinitamente pequeños de Luz que se cruzan y atraviefan en infinitas direcciones en cada punto fensible de los Espacios celeftes (712 y 693) no deftruyen los inmenfos Vacíos de Newton, conviene recordar aqui lo que diximos en otra parte fobre la division y divisibilidad de la Materia. Quan-

do tratamos de eftos dos puntos hicimos ver con muchísimas experiencias que la Materia eftá realmente dividida mas allá de todo lo que nueftra imaginacion puede concebir, é hicimos ver por el raçiocinio que la Divisibilidad de la Materia no tiene límites asignables; y que una porcion qualquiera de Materia, por exemplo un grano de arena, ó un ala de mosca dividida y fubdividida quanto se quiera en moléculas siempre mas pequeñas, puede fer diftribuida en un Espacio de un grandor qualquiera aun en todo el Espacio que media entre el Sol y las Eftrellas, de modo que los Vacíos que queden en efte espacio entre una molécula y la molécula inmediata fean cada uno menor que una millonésima, que una centésima millonésima parte de línea (61). Supóngafe pues, que la Materia luminofa eftá en eftos términos dividida, en eftos términos atenuada como lo eftá en efecto, y se concebirá fácilmente como puede estar esparcida en todos los puntos fensibles de la inmensidad de los Cielos sin perjudicar á los grandes Vacíos de Newton, pues fegun lo dicho una quantidad de materia luminofa igual en mafa á un grano de arena, ó á una ala de mofca puede eftar dividida en porciones y moléculas tan pequeñas que se podrán fuponer muchas en cada punto fensible de la inmensidad de los Cielos sin que la fuma de todas eftas partes reunidas ó difperfas dexe de fer una quantidad igual á un grano de arena, ó á un ala de mosca, la qual ya se ve evidentemente que es ninguna en comparacion de la *inmensidad del Espacio* que queda vacío por todos lados al rededor de efte número como infinito de moléculas esparcidas por todas partes en él.

796. Objeccion III. ¡Que riqueza, que abundancia y que grandeza en las Obras del Criador en la Hipótesis del Lleno! ¡Y que escafez, que pequeñez en eftas mismas obras en la Hipótesis de los grandes Vacíos! Segun Defcartes, Dios ha criado un Mundo inmenfo, un Mundo lleno, un Mundo en que todo es Ser. Segun Newton, Dios no ha criado en el espacio eterno é

infinito mas que algunos *pequeños Puntos sólidos* separados por Vacíos inmensos, mas que un Mundo que apenas se puede comparar con un esqueleto descarnado, mas que una obra en que el Ser es infinitamente pequeño, y la Nada es infinitamente grande.

Respuesta. La Obra del Criador es bastante grande y bastante magnífica por sí misma para no tener necesidad de una *fabulosa hinchazon* que la enriquezca y aumente.

En el Espacio eterno é infinito en que nada exîstia mas que Dios, la Voz fecunda del Todo-poderoso hizo salir de la Nada un número inmenso de Globos opacos ó luminosos de diferente naturaleza y grandor. Mandó á los *Globos luminosos* que diesen vuelta sobre su exe y sobre sí mismos, que fermentasen en toda su substancia y que despidiesen continuamente de su seno en radios divergentes en el espacio vacío é increado una materia infinitamente subtil animada de una velocidad inconcevible á la que nada destruye. Mandó á los *Globos opacos* que diesen vueltas sobre su exe y sobre sí mismos, y que las diesen tambien en diferentes direcciones al rededor de un Globo luminoso en virtud de un movimiento proyectil, y de un movimiento centrípeto que los imprimió (771), y al que nada destruye en el Espacio vacío é increado. Tal es en su generalidad la Obra del Criador, obra infinitamente sencilla, infinitamente grande, é infinitamente digna de la Sabiduria y Omnipotencia de su Autor.

La brillante y fecunda *Imaginacion de Descartes* osó emprender llenar los Vacíos de esta Máquina admirable; osó prestarla una infinidad de quiméricos resortes de que no necesita, que la embarazan y que no pueden menos de arruinarla y destruirla. El *sublime Genio de Newton* ha dado en tierra con todos estos resortes postizos, con todo este armatoste extraño á la Naturaleza, y ha reducido la Obra del Criador á no ser en nuestras ideas otra cosa que lo que ella es en sí misma. He aquí la honrosa nota que ha habido el atrevimiento de

poner á Newton en una Obra que hubiera reſtablecido el Imperio de los Turbillones si fuera capaz el Ingenio de realizar la Fábula y la Chîmera.

SECCION TERCERA.

Existencia y Leyes de la Atraccion.

797. Definicion. La *Atraccion* es una tendencia permanente de los Cuerpos unos hácia otros, ó un movimiento por el qual tiran los cuerpos á acercarſe unos á otros, qualquiera que ſea la cauſa de eſta tendencia ó movimiento. (80 y 84)

I.° En virtud de eſta *Atraccion mutua de los Cuerpos* que se llama tambien Gravitacion ó Peſantez, la Luna tira á acercarſe continuamente á la Tierra, y si nada se opusieſe á eſta Atraccion ó tendencia se precipitaria la Luna hácia la Tierra con un movimiento acelerado por una línea recta tirada del centro de la Luna al de la Tierra.

II.° En virtud de la misma fuerza la Tierra tira tambien continuamente hácia la Luna, y si nada se opusiese á eſta atraccion ó tendencia caminaria la Tierra hácia la Luna con un movimiento acelerado por una línea recta tirada del centro de la Tierra al de la Luna.

III.° Hay tambien una *Atraccion semejante* entre la Tierra y el Sol, el Sol y la Tierra, y si nada se opusieſe á la atraccion mutua de eſtos dos globos caminarian recíprocamente uno hácia otro por una línea recta tirada del centro del Sol al de la Tierra.

Se puede decir lo mismo de la Atraccion recíproca entre la Tierra y Marte, entre Marte y la Tierra, y asi de todos los Cuerpos celeſtes y terreſtres.

798. Division. La Atraccion de un cuerpo respecto de otro, por exemplo de la Tierra respecto de la Luna es á un mismo tiempo activa y pasiva.

I.° Llámase *Atraccion activa de un cuerpo* la accion que exerce contra el Cuerpo atraido, ó el movimiento que imprime hácia sí al cuerpo á quien atrae: por exemplo la Tierra tiene respecto de la Luna una virtud atractiva en fuerza de la qual hace nacer en la Luna una tendencia hácia ella.

Esta Accion de la Tierra sobre la Luna, este movimiento impreso á la Luna por la accion de la Tierra es lo que se entiende por la Atraccion activa de la Tierra respecto de la Luna.

II.° Llámase *Atraccion pasiva de un cuerpo* la accion que padece de parte del Cuerpo atraente, ó el movimiento que tira á llevarle hácia el cuerpo que le atrae. Por exemplo al mismo tiempo que la Tierra atrae á la Luna hácia su centro, es atraida por la Luna hácia el suyo.

Esta tendencia de la Tierra hácia la Luna, este movimiento hácia la Luna que imprime á la Tierra la accion atractiva de la Luna es la Atraccion pasiva de la Tierra respecto de la Luna.

Se concibe por esto que la Luna tiene tambien su atraccion activa por la que atrae á la Tierra, y su atraccion pasiva por la que es atraida hácia la Tierra, y lo mismo se puede decir de qualesquiera otros dos Cuerpos cuyas atracciones mutuas y recíprocas se comparen entre sí.

799. NOTA. Lo único que choca comunmente en la Atraccion es la falsa idea que se ha formado de su naturaleza y de su causa. Aclaremos estos dos puntos, y no tendrá ya la Atraccion nada que pueda prevenir contra ella, nada que pueda impedir á un Aficionado á la Física exâminar y apreciar con ánimo sereno las pruebas en que se funda.

I.° No nos debemos figurar la *Atraccion activa de los Cuerpos* como una qualidad intrínseca á su naturaleza, como una virtud activa y eficaz de la Materia, como una influencia oculta de los cuerpos mismos, ó como una fuerza ó accion independiente de la accion libre y perma-

manente del mismo Criador. Considerar asi la Atraccion de los Cuerpos seria volver á la Física la *Chîmera de las Qualidades ocultas* de que felizmente la ha purgado la sana razon en estos últimos Siglos. (*Met.* 98 y 99)

II.° Qualquier partido que se tome sobre la causa ocasional de la gravitacion de los Cuerpos, sea que se la atribuya á la Impulsion con Descartes, sea que se la atribuya á la Atraccion con Newton es cierto que el movimiento de gravitacion tiene por *Causa eficiente* no la accion misma de la Materia, no la accion de alguna qualidad criada inherente á la Materia sino la accion eficaz y permanente del Criador única causa eficiente de todo movimiento en la Naturaleza. (74 y 76)

Descartes y Newton estan enteramente de acuerdo sobre este punto. Uno y otro suponen, y todos sus Sequaces respectivos suponen tambien unanimemente con ellos que la *Gravitacion de los Cuerpos* lo mismo que qualquier otro Movimiento de la Naturaleza tiene por Causa eficiente la accion permanente del Criador. Pero no concuerdan igualmente sobre qual sea la causa ocasional de este Movimiento.

Descartes pretende que la Gravitacion de los Cuerpos tiene por causa ocasional la *Impulsion de una materia*, ó que el Criador no imprime á los Cuerpos este movimiento que les hace tirar unos hácia otros sino con ocasion del contacto del choque ó de la impulsion de una materia despedida contra ellos.

Newton por el contrario, es de sentir que la Gravitacion de los Cuerpos tiene por causa ocasional no la impulsion de una materia sea la que quiera, sino la *simple Coexîstencia de estos Cuerpos*; ó que el Criador imprime á todos los Cuerpos coexîstentes sea en el Vacío, sea fuera del movimiento que les hace tirar unos hácia otros segun ciertas Leyes fixas sin que le dé ocasion á ello ningun contacto, ningun choque, ni ninguna impulsion.

III.° ¿Qual es pues en el Sistema Newtoniano la *Causa ocasional* que mueve al Autor de la Naturaleza á im-

primir á los Cuerpos y conſervar continuamente en ellos eſte movimiento que les hace tirar unos hácia otros, y que llamamos indiferentemente atraccion, peſantez ó gravitacion?

La cauſa ocasional de eſte movimiento de gravitacion es en eſte Siſtema una *Ley primitiva de la Naturaleza*, ó una Voluntad eficaz y permanente del Criador, el qual ha querido y decretado que todos los Cuerpos coexîſtentes al rededor del Sol tuvieſen una tendencia recíproca y permanente unos hácia otros.

La simple coexîſtencia de eſtos cuerpos sin el auxîlio de impulsion alguna recibida en ellos le baſta al Criador para moverse conforme á la Ley eſtablecida por él, á producir continuamente en eſtos cuerpos el movimiento que les lleva sin ceſar unos hácia otros. Eſta es ſegun Newton la cauſa ocasional de la *Atraccion mutua de los Cuerpos* en la Naturaleza.

PROPOSICION FUNDAMENTAL.

800. *La Atraccion exîste: la Atraccion es una Ley general de la Naturaleza.*

DEMOSTRACION. I.° La Atraccion, Peſantez ó Gravitacion no es otra coſa que una *Tendencia permanente* de los Cuerpos unos hácia otros hácia ciertos centros comunes. Es así que ſemejante tendencia exîſte evidentemente en los Planetas y Cometas respecto del Sol, y en los Satélites respecto de su Planeta principal: Luego la Atraccion exîſte evidentemente y se manifieſta en todos eſtos diferentes Cuerpos.

II.° Eſta *Tendencia permanente* de los Globos celestes hácia el centro comun de su movimiento no tiene por cauſa la impulsion de una materia que dando en ellos les empuje hácia eſte centro; pues es indudable que eſtos cuerpos se mueven en espacios vacios; en espacios en que no hay materia alguna capaz de darles un impulſo ſensible y eficaz; en espacios en que la única materia que puede encontrarſe con ellos que es la ma-

teria luminosa tiraria mas bien á alejarlos del centro del Sol hácia el qual gravitan, que á acercarlos á él.(792 y 793)

Luego hay en estos Cuerpos una *Atraccion independiente de la impulsion*, una Atraccion que no tiene por causa ocasional mas que su coexîstencia y la Ley primitiva del Criador; en una palabra, una Atraccion en los términos en que la admite Newton.

III.° El conjunto de estos diferentes Cuerpos, del Sol, los Planetas y Cometas forma toda la Naturaleza sometida á nuestras experiencias en este punto. Luego toda la Naturaleza sometida á nuestras observaciones está sujeta á la Atraccion.

Luego por un juicio de analogía (*Met.* 101) se debe presumir que la Atraccion tiene el mismo imperio en la parte de la Naturaleza que se oculta á nuestras observaciones. Por exemplo en los Cometas todavia desconocidos respecto de nuestro Sol; y en los Planetas y Cometas que verosimilmente hacen sus revoluciones al rededor de cada Estrella. Luego la Atraccion es una Ley general de la Naturaleza. L. Q. P. D.

LEYES GENERALES DE LA ATRACCION.

801. LEY I. *La Atraccion activa y pasiva de los Cuerpos es recíproca, ó todo cuerpo atrae á aquel por el que es atraido.*

DEMOSTRACION. Sean por exemplo la Tierra y la Luna puestas á una gran distancia una de otra en el Vacío inmenso de los cielos. Para que se verifique nuestra proposicion en estos dos Planetas tenemos que probar que la Tierra exerce una atraccion sobre la Luna, y que la Luna la exerce tambien sobre la Tierra; vamos á hacerlo. (*Fig.* 124)

I.° Es cierto que la Luna y todas sus partes tienen una tendencia permanente hácia el *centro de la Tierra*. Pues es evidente que no hay otra alguna causa que pueda aprisionar y retener la Luna en su órbita, y que pueda inclinar continuamente su movimiento, é impedir

que se efectúe á cada inftante en la direccion de la Tangente de su curva conforme á la exîgencia natural del movimiento. (308)

Es asi que efta tendencia ó gravitacion de la Luna hácia la Tierra no tiene ni puede tener por caufa en el Vacío de los espacios celeftes mas que la Atraccion activa de la Tierra. Luego *la Tierra exerce una Atraccion activa sobre la Luna.*

II.° No es menos cierto que las diferentes partes de la Luna tienen una tendencia permanente hácia el *centro de este Planeta.* Pues á no fer asi, al pafo que la Luna diefe vueltas fobre su centro y exe como las da en el espacio de cofa de un mes, todas las partes que componen su fuperficie y que no eftan unidas á ella, como las aguas, las arenas, el ayre y otras fubftancias femejantes escaparian necefariamente por la Tangente de su Curva de rotacion en virtud de la fuerza centrífuga que las da efte movimiento de rotacion.

Es asi que efta tendencia ó gravitacion de las diferentes partes de la Luna hácia el centro de efte Aftro no tiene ni puede tener por caufa en el Vacío de los espacios celeftes otra que la Atraccion activa de la Luna misma; Luego *la Luna exerce una Atraccion activa sobre sus diferentes partes.*

III.° ¿Pero si efta Atraccion activa de la Luna se extiende desde su centro hafta su fuperficie, porque no se habrá de extender con mas ó menos fuerza hafta la Tierra la qual en efte caso padecerá una atraccion de parte de la Luna? De consiguiente *la Tierra será atraida por la Luna*, asi como la Luna lo es por la Tierra.

La *Atraccion activa de la Tierra* no eftá ceñida á folo impedir que los mares, rios y demas partes desunidas de su fuperficie, como asimismo que toda la mafa de la atmósfera no escapen por la Tangente en virtud de la Fuerza centrífuga que los imprime la revolucion diurna de la Tierra al rededor de su exe, sino que ademas extiende su accion descreciente hafta la Luna cuyo movimiento inclina continuamente hácia el centro de la Tierra.

¿Pues porque *la Atraccion activa de la Luna* eſtaria reſtringida y limitada á su Esfera? No se pueden asignar límites algunos á la accion atractiva de la Tierra. ¿Pues ſobre que principio y fundamento se asignarian á la accion atractiva de la Luna cuyos prodigioſos efectos se hacen por otra parte ſentir diariamente en el grande y permanente fenómeno del fluxo y refluxo del Mar?

Eſtá pues ſuficientemente demoſtrado que hay una Atraccion mútua y recíproca entre la Tierra y la Luna; que la Tierra atrae á la Luna y es atraida por ella, y recíprocamente.

IV.° Se puede aplicar la misma teoría al Sol y á un Planeta ó Cometa qualquiera. El Sol tiene un movimiento de revolucion ſobre sí mismo, y da vuelta al rededor de su exe ſensiblemente inmóvil en 25 dias y medio, y su virtud atractiva que aprisiona y retiene al rededor de su centro las diferentes partes que le componen se extiende á aprisionar y retener á Júpiter en su órbita. Júpiter tiene tambien un movimiento de revolucion ſobre sí mismo; pues da una vuelta al rededor de su exe errante y móvil en 9 horas y 56 minutos. ¿Porque la *virtud atractiva* de Júpiter que impide á todas ſus partes que cedan á su fuerza centrífuga, y escapen por la Tangente no se eſtenderia fuera de su esfera y haſta el Sol?

V.° Y como no podemos menos de atribuir la misma *Virtud atractiva* á todos los Cuerpos celeſtes asi Planetas como Cometas ſobre los que podemos hacer obſervaciones, debemos por una Induccion filoſófica ó por un Juicio de analogía contra el que no hay prueba alguna, tenerla por propia de toda materia.

Se debe pues reconocer que la *Atraccion de los Cuerpos* es en todos ellos recíproca, ó que todo cuerpo atrae á aquel por el que es atraido. L. Q. P. D.

802. Ley II. *La Atraccion activa, ó la Fuerza con que un Cuerpo atrae á otro es proporcional á la masa del Cuerpo atraente.*

Demostracion.. Siendo recíproca la Atraccion activa

de los Cuerpos es claro que debe convenir á *todas las partes de un Cuerpo*; es claro que cada parte debe tener una Atraccion activa que la sea propia.

Luego la Fuerza atractiva de un Cuerpo debe ser otro tanto mayor ó menor, quantas mas ó menos partes atractivas tiene el tal Cuerpo. Luego la fuerza atractiva de un cuerpo debe ser proporcional á su masa. L. Q. P. D.

803. COROLARIO. *Si dos Cuerpos, por exemplo la Tierra y la Luna fuesen abandonados á la fuerza de su Atraccion recíproca, se acercarian uno á otro andando espacios que serian en razon inversa de sus masas.*

Y el Punto en que se encontrarian uno con otro debe ser mirado como el centro comun de su accion atractiva relativamente á otro tercer Cuerpo que fuese atraido á un mismo tiempo por los dos primeros. (Fig. 126.)

DEMOSTRACION. Sea la masa del Cuerpo A igual á 10, y la masa del Cuerpo B igual á 1.

I.° Segun la demostracion precedente el Cuerpo A exerce sobre el Cuerpo B una fuerza atractiva como 10, al paso que este exerce sobre aquel una fuerza atractiva como 1. Luego siendo necesariamente los efectos como las causas que los producen, el Cuerpo B se moverá hácia el Cuerpo A con una velocidad como 10, al paso que el Cuerpo A solo se moverá hácia el Cuerpo B con una velocidad como 1.

Luego los espacios andados serán en razon inversa de las masas. Y si estos dos Cuerpos caminasen uno hácia otro se encontrarian en un punto C diez veces mas cerca del Cuerpo A que del Cuerpo B.

II.° Si suponemos ahora que los Cuerpos A y B inmóviles cada uno en su sitio no obstante su Atraccion recíproca, atraen juntamente hácia sí á un *tercer Cuerpo* D, es claro que este Cuerpo D entregado á la accion de estas dos fuerzas conspirantes A y B debe tirar hácia uno y otro siguiendo la diagonal D C de un paralelogramo construido sobre la direccion y proporcion de las dos fuerzas que obran sobre él (345).

Se acercará pues este Cuerpo D otro tanto mas al Cuerpo A quanto mayor es la masa y virtud atractiva que tiene el Cuerpo A respecto de la del Cuerpo B.

804. Ley III. *La Atraccion pasiva de un Cuerpo, ó la quantidad de movimiento que recibe en virtud de la Atraccion activa que padece es proporcional á la masa del Cuerpo atraido.* (Fig. 126.)

Demostracion. La Atraccion pasiva de un Cuerpo no es otra cosa que su gravitacion ó pesantez. Es asi que la gravitacion ó pesantez es proporcional á la masa del Cuerpo que gravita;

Porque consta por las observaciones que en un Espacio libre en el Vacío todos los cuerpos caen con igual velocidad en virtud de su gravitacion cuya causa física es la Atraccion activa de la Tierra, y de consiguiente que la Tierra no imprime por su virtud atractiva mas velocidad á una pluma que á una bomba, ó á una bomba que á una pluma (245).

Es asi que siendo iguales las *Velocidades* en el Vacío donde las atracciones pasivas se muestran con toda libertad y sin obstáculo alguno, es claro que las quantidades de movimiento en diferentes cuerpos son entre sí como sus masas (273).

Luego el Cuerpo B por exemplo, en virtud de su *Atraccion pasiva* proporcional á su masa se moverá hácia el Cuerpo atrahente A con una quantidad de movimiento, ó con una fuerza motriz como 1 si su masa es como 1, como 100 si su masa es como 100, y asi proporcionalmente con una fuerza motriz, ó quantidad de movimiento tanto mayor ó menor, quanto mayor ó menor fuere su masa. L. Q. P. D.

805. Ley IV. *La Atraccion activa y pasiva de los Cuerpos crece y descrece en razon inversa de los quadrados de las distancias que los separan.* (Fig. 124.)

Demostracion. Está demostrado por la Teoría del movimiento que todo Cuerpo que describe una curva hace exfuerzo en cada instante para escapar por la Tangente de ella. Es necesario pues que este Cuerpo está

continuamente animado de una tendencia hácia su centro, ó de una *Fuerza central* que en cada inftante le aparte mas ó menos de la Tangente (362 y 771).

I.° Es claro en primer lugar que la Luna defcribe una curva al rededor de la Tierra, y que la fuerza central que produce efta curva no es otra cofa que la tendencia, gravitacion ó pefantez de la Luna hácia el centro de la Tierra, asi como la fuerza central que aparta á cada inftante una bomba, una bala de Cañon, ó qualquiera otro móvil de la direccion horizontal no es tampoco otra cofa mas que su tendencia, ó gravitacion, ó pefantez hácia el centro de la Tierra.

Para demoftrar pues nueftra proposicion no tenemos mas que hacer ver que la pefantez que inclina á cada inftante el movimiento proyectil de la Luna en su órbita á la diftancia de fefenta radios terreftres del centro de la Tierra es á la pefantez que tendria la Luna fobre la fuperficie de la Tierra, ó á la diftancia de un radio del centro de la Tierra como el *quadrado de la última distancia* es al *quadrado de la primera*, ó como el quadrado de $1 = 1$ es al de $60 = 3600$.

Confta por la experiencia como todos faben que en la caida libre de los Cuerpos la *quantidad de la caida es precisamente la misma*, fea que un cuerpo cayga perpendicularmente ó por el radio, fea que cayga por la linea circular elíptica ó parabólica. Así con folo comparar la inflexîon que padece la curva lunar en un tiempo determinado á la diftancia de 60 radios, con la inflexîon que padecería efta mifma curva cerca de la fuperficie terrestre á la diftancia de un folo radio del centro de la Tierra en un mifmo tiempo determinado, por exemplo en un minuto hallarémos la proporcion que bufcamos.

Ahora pues fegun las Obfervaciones atronómicas la Luna no baxa en un minuto mas que 15 pies mas abaxo de la tangente de su curva, quando cerca de la fuperficie terreftre deberia baxar 3600 veces 15 pies mas abaxo de una tangente femejante en virtud de su pefantez ó tendencia hácia el centro de la Tierra. Luego la pe-

pesantez de la Luna en su órbita es 3600 veces menor que lo que seria sobre ó cerca de la superficie terrestre: lo que es cabalmente la razon inversa que intentábamos probar.

II.° Consta ademas por las Observaciones astronómicas que todos los Planetas principales guardan la misma *Ley de gravitacion*. En un tiempo determinado, por exemplo en un minuto su curva se inclina debaxo de su Tangente otro tanto menos quanto mas distantes estan del Sol, y la *quantidad de inflexîon ó caida* es siempre en razon inversa del quadrado de su distancia al mismo Astro. Por exemplo (*Fig.* 124)

Suponiendo que la distancia de Mercurio al Sol fuese á la distancia de la Tierra respecto del mismo astro exâctamente como 1 es á 3, en el espacio de un minuto de tiempo la caida *r r* de Mercurio seria á la caida *r r* de la Tierra como 9 es á 1.

Y por consiguiente su pesantez respectiva *r r* hácia el centro del Sol, efecto de la Atraccion activa de este Astro seria en razon inversa de la distancia que media entre el Sol, y uno y otro Planeta.

III.° Por las Observaciones astronómicas, ó por un juicio de analogía se hallará ó concluirá en fin que todos los demas cuerpos qualesquiera celestes y terrestres guardan esta misma Ley.

Luego la gravitacion ó pesantez de los Cuerpos que no es otra cosa que su *Atraccion pasiva* crece y descrece en razon inversa de los quadrados de sus distancias.

Luego la *Atraccion activa* de los Cuerpos atraentes que es la única causa á que se puede atribuir la gravitacion ó pesantez crece y descrece tambien en razon inversa de los quadrados de las distancias, lo que á no ser asi el efecto no seria proporcional á su causa, ni la causa á su efecto: lo que es evidentemente falso y absurdo. L. Q. P. D.

806. Nota. Hace ya cerca de un siglo que ésta última *Ley de la Atraccion* que acabamos de exponer y demostrar está recibida por todos los Astrónomos ilus-

trados asi Newtonianos como Cartesianos, ó como un *Principio físico* de donde provienen todos los grandes Fenómenos celestes, ó como una *Regla geométrica* que concuerda perfectamente con estos fenómenos sin ser no obstante causa de ellos. Nosotros como se ha visto, la admitimos juntamente como uno y otro, como Principio físico, y como Regla geométrica.

LA LEY DE ATRACCION CAUSA UNICA DE LA PESANTEZ DE LOS CUERPOS.

807. EXPLICACION. Segun Newton la *Pesantez de los Cuerpos* es un efecto de la Ley general de Atraccion en razon directa de las masas, y en razon inversa de los quadrados de las distancias asi en el Vacío como fuera de él, y la Pesantez conviene generalmente á toda materia, sólida, flúida, ó líquida, porque toda materia está igualmente sujeta á la accion del Cuerpo que la atrae hácia sí con una fuerza que es siempre y en todo caso el producto de su masa dividido por el quadrado de su distancia al Cuerpo atraido, qualquiera que sea la naturaleza y masa de éste.

Es claro que la Pesantez es un *efecto general en la Naturaleza*, en la que vemos á todos los Cuerpos gravitar hácia ciertos centros comunes, y que este efecto debe forzosamente nacer ó resultar de una Causa general de la Naturaleza.

Aora bien: las dos únicas Causas generales de la Naturaleza de quienes pudiera resultar este efecto son la Impulsion y la Atraccion: luego la Pesantez debe necesariamente resultar de una de estas dos causas, sino resulta de ambas á un tiempo.

PROPOSICION FUNDAMENTAL.

808. *La Pesantez de los Cuerpos es un efecto físico no de la Impulsion, sino de la Atraccion.*

DEMOSTRACION I. Es cierto que la *Pesantez de los Cuerpos* no tiene por causa la Impulsion.

I.° Porque la Pesantez exîste y obra en los Planetas y Cometas que estan colocados en espacios vacios: en espacios en que no hay materia alguna impulsiva, en espacios en que la Pesantez no puede ser producida ni perpetuada por ninguna impulsion qualquiera (793).

II.° Porque aun quando supusiésemos reales todas las fabulosas hipótesis de impulsion á las que se podria querer atribuir la Pesantez de los cuerpos, jamas puede nacer de ellas una *Pesantez tal qual exîste en la Naturaleza*: una Pesantez tal qual nos la muestran los Fenómenos. (*Fig.* 134)

En primer lugar, si la Pesantez de los Cuerpos terrestres proviniese de la impulsion de los Turbillones que se suponen movidos circular, ó elípticamente de occidente á oriente, es claro que en vez de gravitar los Cuerpos terrestres hácia el *centro* C *de la Tierra* deberian gravitar hácia el Exe M N, y hácia un punto correspondiente á su Latitud. Por exemplo: El Cuerpo P impelido del Turbillon P S P deberia gravitar hácia H, y no hácia C, lo que es evidentemente contrario á la Experiencia (247).

En segundo, si la Pesantez de los Cuerpos terrestres proviniese de la impulsion de estos Turbillones, es claro que no deberian los Cuerpos acelerar su movimiento segun la *progresion de los números impares* quando caen libremente hácia el centro de la Tierra (366); porque para que se verifique esta aceleracion es necesario que la fuerza impulsiva que obra sobre el cuerpo que cae obre siempre en él con igual fuerza, lo que no puede ser asi en la Hipótesis de la impulsion. Pues en esta hipótesis el Cuerpo que cae se substraeria otro tanto mas á la Impulsion, quanto mayor velocidad tuviese ya adquirida hácia su centro de movimiento.

Por exemplo, sea una Bala pequeña de Cañon colgada en el ayre de un hilo que no tenga mas fuerza que para sostenerla. Si yo pego á esta bala centralmente

de arriba abaxo con un martillo á quien dé una velocidad considerable la imprimo un *movimiento determinado*, que ferá por exemplo como 10. Pero si la pegafe en los mifmos términos quando cae perpendicularmente baftante abaxo con una velocidad ya como 9, se fubftraeria á las 9 décimas partes de la impulsion de mi martillo, y el *movimiento determinado* que la imprimiria, en vez de fer igual al anterior no feria mas que una décima parte de él, lo que es tambien manifieftamente contrario á la Experiencia. (323 y 366.)

En fin se puede tambien demoftrar por otras muchisimas razones femejantes todas fundadas en la Teoría y en la Experiencia que en la Hipótesis de que la *Pesantez de los Cuerpos* tuviese por caufa la impulsion de los Turbillones baxo de qualquiera forma que se les imagine ó conciba, la Pefantez que refultaria no se pareceria en nada á la que exîfte en la Naturaleza.

DEMOSTRACION II. Primeramente es cierto que la Pefantez es una *propiedad comun á todos los Cuerpos* fólidos, líquidos, y flúidos, á la Tierra, al Agua, al Ayre, á los vapores mas futiles, al humo, á la llama; en una palabra á todas las fuftancias corporeas que pueden fer fometidas á nueftras experiencias y obfervaciones (243). Pues que todos los Cuerpos en que podemos hacer experiencias, y que podemos obfervar gravitan unos hácia otros; la Luna y los Cuerpos terreftres hácia la Tierra; los Cometas y Planetas principales hácia el Sol, y los Planetas fubalternos hácia su Planeta principal en unos efpacios en donde feguramente no hay materia alguna capaz de darles ningun Impulfo ni Pefantez.

Es cierto ademas que los *Fenómenos de la Pesantez* que no pueden conciliarfe con la Teoría de la Impulsion en los términos en que nos los mueftran la experiencia y obfervacion quadran perfectamente en todo y por todo con la Teoría de la Atraccion mutua de los Cuerpos. Porque fupuefta la *Ley de Atraccion recíproca* en razon directa de las mafas é inverfa del quadrado de las diftancias entre todos los Cuerpos de nueftro Mun-

do Planetario (805), se deducirán de esta Ley demostrada todos los Fenómenos de la Pesantez de los Cuerpos, tales como los descubrimos por la experiencia y la observacion. Por exemplo

I.° Resulta de esta Ley que todos los Cuerpos que forman el *Globo terrestre* ó que pertenecen á él de cerca ó de lejos como los cuerpos B ó P deben gravitar hácia su centro C en una direccion perpendicular al horizonte sensible, ó á la Tangente B T. Porque siendo todas las moléculas atractivas A y D, *r* y *s*, *m* y *n* Fuerzas iguales y conspirantes (343), deben tirar eficazmente á hacer andar el móvil P ó B la diagonal P C E (*Fig.* 129).

Que si el Globo terrestre no es perfectamente esférico la gravitacion de un Cuerpo P ó *x* no debe de tirar por todas partes precisamente al centro C de la Tierra sino hácia un Punto D tomado al rededor del centro. Porque siendo en este caso desiguales las Fuerzas atractivas A y B por razon de su desigual distancia del Cuerpo atraido P, este se moverá ó tirará á moverse por la Diagonal P D, la qual siempre es perpendicular al horizonte sensible del Punto *x*, ó á la Tangente de este Punto (*Fig.* 130).

Que la gravitacion de un *Cuerpo mas distante del centro de la Tierra* debe de ser menor que la de otro mas cercano al mismo centro, y que esta gravitacion es siempre y en todo caso en razon inversa de los quadrados de las distancias. (251 y 805)

Que en un mismo espacio vacio y sin resistencia una pluma y una bala deben caminar con una misma velocidad hácia el centro de la Tierra (245), porque una y otra son movidas por una misma fuerza aceleratriz que es la Atraccion activa de la Tierra (245 y 802).

Que en virtud de esta fuerza aceleratriz, la *caida de los Cuerpos* debe acelerarse en el Vacio segun la progresion de los números impares (366), con tal de que los espacios andados no sean bastante considerables; pero que si esta caida se efectuase en un espacio muy gran-

de y durase bastante largo tiempo, el movimiento acelerado creceria en una relacion mayor que la de los números impares; porque en este caso la fuerza aceleratriz dexaria de ser sensiblemente uniforme é iria creciendo relativamente al Cuerpo atraido.

II.° Resulta igualmente de esta Ley que la Tierra debe gravitar hácia la Luna, asi como la Luna gravita hácia la Tierra. (801)

Que los Satélites de Saturno y Júpiter deben gravitar hácia su Planeta principal, así como el Planeta principal gravita hácia el Sol, y así como la Luna gravita hácia la Tierra.

Que dos Planetas bastante cercanos uno á otro, por exemplo Saturno y Júpiter en conjuncion deben obrar recíprocamente uno sobre otro, alterar la regularidad de su curva y de su movimiento, como en efecto sucede asi.

Que la Gravitacion ó Pesantez hácia el Sol debe de ser menor en los Planetas mas distantes de este Astro que en los mas cercanos á él, y que las Pesanteces respectivas deben de ser siempre y en todo caso como lo son en efecto en razon inversa de los quadrados de las distancias (805).

Que en los Cometas que estan á veces muy cerca, y á veces inmensamente lejos del Sol (*Fig.* 125), la Pesantez debe variar inmensamente como consta que varía en efecto; y así de los demas fenómenos terrestres y celestes de la Pesantez.

III.° ¿A quien se podrá persuadir que todos los *Fenómenos de la Pesantez de los Cuerpos* puedan concordar en todo y por todo con la Ley de una Atraccion universal entre todos ellos sin que estos Fenómenos resulten de ella, sin que sean un efecto de esta Ley? ¿Y á quien se podrá persuadir que todos los Fenómenos de la Pesantez de los Cuerpos puedan ser en todo y por todo opuestos á la Teoría de la impulsion y que no obstante nazcan constante y universalmente de esta Ley?

Luego es cierto y demostrado por la observacion de los Fenómenos que el gran Fenómeno de la *Pesan-*

tez de los Cuerpos tiene por causa no la Impulsion baxo de qualquier aspecto que se la considere, sino la Atraccion recíproca y universal en razon directa de las masas, é inversa de los quadrados de las distancias. L. Q. P. D.

Objecciones y Respuestas.

809. Objeccion I. Por bellos que sean los colores baxo de los que se nos presenta la Atraccion no es ésta en el fondo mas que una qualidad oculta, un principio dudoso, un ser obscuro é inconcevible, una causa abstracta y sin influencia alguna fisica. Y así un Sistema de Física que tiene por basa la Atraccion es un Sistema muy poco filosófico.

Respuesta. I.° Ya hemos observado y es fácil conocer que la Atraccion no conviene en nada con las *Qualidades ocultas del Peripato*, pues estas no se pueden concebir ni definir, y la Atraccion se concibe y define muy claramente.

La Atraccion es un movimiento impreso por el Criador á dos Cuerpos uno hácia otro. La ocasion de este movimiento es la coexîstencia de estos dos Cuerpos: su efecto acercarlos continuamente entre sí, ú oponerse á qualquier movimiento que tire á alejarlos uno de otro. ¿Que obscuridad se puede hallar en estas ideas ni en su objeto? Es pues absurdo objetar el vicio de obscuridad á un Principio fisico en que todo es luz.

II.° Un Principio físico que se anuncia continuamente por sus efectos en toda la Naturaleza expuesta á nuestras Observaciones no es un *Principio dudoso*, no es un Principio cuya exîstencia puede ser puesta en problema, y tal es evidentemente la Atraccion general de los Cuerpos.

Vemos á los Cuerpos celestes, asi Planetas como Cometas tirar continuamente hácia el centro de su movimiento; vemos á los Terrestres tirar siempre y por todas partes hácia el centro de la Tierra. Estos efectos anuncian indudablemente la exîstencia de una Causa. He-

mos demoftrado que efta Causa no es la Impulsion: de donde refulta que no puede fer otra que la Atraccion. Luego la Atraccion no es un Principio equívoco ni dudofo.

De la Naturaleza y Leyes de la Atraccion se deriva la explicacion de casi todos los grandes Fenómenos de la Naturaleza, y por el contrario no puede derivarse de la Impulsion. ¡Que prevencion, ó mas bien que demoftracion á favor de la Atraccion tal qual la hemos moftrado! ¿Se puede acafo sin una preocupacion mas que ciega dexar de ver la exîftencia de la Atraccion en la fencilla conveniencia de efta Causa con el mecanifmo general del Universo?

Defcubriendo Newton el *Principio de la Atraccion* ha dado á la Fisica un hilo feguro que la conduce con toda la certidumbre y precision posibles por el Laberinto de la Naturaleza; una antorcha luminosa que ilumina su curso, la defcubre con la mas perfecta exâctitud los fenómenos antes de que los obferve: y una regla fegura é infalible que fomete toda la Teoría del Cielo al rigor del cálculo mas exâcto. De modo que las obfervaciones mas escrupulofas y mas exâctas no dan refultados mas juftos y conformes á los fenómenos, que los que da ella.

¿Si sin embargo de todo efto se puede aun tener á la Atraccion por un Principio equívoco y dudoso, que principio se podrá tener por cierto en la Física?

III.° ¿Que se quiere decir quando se objeta á la Atraccion que es una *Causa abstracta*? La Atraccion lo mismo que la velocidad, la extension, la impulsion, y qualquiera otra causa física puede á la verdad fer considerada en eftado de abftraccion. ¿Pero por ventura se sigue de aquí que la Atraccion no fea mas que un fer imaginario? No por cierto. Pues si efto se siguiese, se feguiria igualmente que la velocidad, la extension, la impulsion, y todas las demas caufas fisicas no fon mas que feres imaginarios, lo que es manifieftamente un abfurdo.

IV.° ¿Se entiende acafo mejor lo que se quiere decir quan-

quando se objeta á la Atraccion, que no es una *Causa mecánica*, un principio que no tenga una influencia física? Tampoco. Digo que la Atraccion es una causa tan mecanica, y un principio tan físico como la Impulsion.

¿Porque en que consiste el *mecanismo de la Impulsion* segun Descartes, Malebranche, Privat de Moliere, segun todos los Cartesianos antigüos y modernos? En que con ocasion del choque entre dos Cuerpos produce Dios en el cuerpo chocado una quantidad de movimiento igual á la que pierde el chocante.

¿En que consiste el *mecanismo de la Atraccion* segun Newton y casi todos sus seqüaces? En que con ocasion de la coexîstencia de dos cuerpos produce Dios en ellos cierta quantidad de movimiento que les hace tirar uno hácia otro.

Asi como el choque no es la causa eficiente sino simplemente la ocasional del movimiento producido en la Impulsion, del mismo modo la coexîstencia no es la causa eficiente sino simplemente la ocasional del movimiento producido en la Atraccion. De donde resulta ó que la Impulsion no es una causa física y mecánica, ó que la Atraccion es una causa tan física y mecánica como ella (74 y 84).

V.° Es facil adoptar las mismas respuestas á las objecciones semejantes á estas que se podrian poner contra las Afinidades chîmicas, ó Atraccion especial de los Cuerpos: Atraccion cuya naturaleza es susceptible de una definicion muy luminosa, cuya exîstencia se nos manifiesta en infinitos fenómenos (93), y cuyo mecanismo consiste en último analisis en una tendencia recíproca entre ciertos cuerpos, ocasionada por su contigüidad mas ó menos perfecta, y producida por la accion del Criador única Causa eficiente de todo movimiento, único Executor de todas las Leyes establecidas por él en la Naturaleza.

810. Objeccion II. ¡Que diferencia tan sensible no hay entre el mecanismo que se nos manifiesta *en la Impulsion*, y el pretendido mecanismo que se imagina *en la Atraccion*!

El primero es un mecanismo fundado en la naturaleza del Movimiento que tira á subsistir siempre sin

diſminucion alguna, en la naturaleza de la Materia que siendo móvil é impenetrable debe moverse y ceder su lugar para no deſtruir el movimiento de los Cuerpos impelentes, y en la naturaleza de los mas de los Cuerpos que eſtando deſtinados á formarse y deſtruirse por la adquisicion y pérdida continua de muchísimas ſubstancias diferentes necesitaban de una impulsion entre estas diferentes ſubſtancias.

El ſegundo por el contrario es un mecaniſmo que no se funda ni en la naturaleza del movimiento, ni en la de la materia, ni en la de los cuerpos; un mecanismo obſcuro y tenebroso; fundado únicamente en una Voluntad arbitraria del Criador, y en que todo se reduce á decir muy poco filoſoficamente, que los Cuerpos se atraen porque le plugo al Autor de la Naturaleza que se atraxeſen.

RESPUESTA. ¿Supueſto que convienen ambas partes como en efecto convienen los Cartesianos y Newtonianos, en que el movimiento no es un efecto abſurdo de una Qualidad oculta de la Materia, en que *todo movimiento tiene por causa eficiente la accion del Criador*, único Autor, motor y conſervador de la Naturaleza visible, como se puede hallar tanta diferiencia entre el mecaniſmo de la Impulsion y el de la Atraccion? La causa eficiente del movimiento de Impulsion y de Atraccion es la miſma; la determinatriz de uno y otro es la Voluntad primitiva y siempre ſubsiſtente del Criador que ha eſtablecido libremente una y otra Ley; la primera con ocasion del choque de los Cuerpos: y la ſegunda con ocasion de su coexîſtencia. ¿En donde eſtá pues la diferiencia palpable entre el mecaniſmo de la Impulsion y el de la Atraccion? Se debe confeſar que ó no hay mecaniſmo en la Impulsion, ó hay un mecaniſmo igual en la Atraccion.

1.° *El movimiento de Impulsion* no debe esencialmente nada ni á su naturaleza, ni á la de la materia, ni á la de los cuerpos. Todo lo debe únicamente á la Voluntad del Criador que ha eſtablecido libremente tales y tales Leyes del movimiento relativas al

Orden que le plugo eftablecer en la Naturaleza.

¿Porque por exemplo, un *Cuerpo sin resorte* no puede dar en otro que tampoco le tenga sin comunicarle la mitad de su movimiento si fus mafas fon iguales, y los dos tercios si el chocado es doble en mafa? ¿Porque un *Cuerpo de resorte* no puede dar en otro que tambien le tenga sin perder todo su movimiento si las mafas fon iguales, y retroceder si es mayor la mafa del cuerpo en que da? (322 y 331)

Es claro que no se puede dar otra razon física de eftos fenómenos de Impulsion que la Voluntad primitiva del Criador. Es claro que el Autor de la Naturaleza que ha eftablecido libremente eftas Leyes del choque entre los Cuerpos, hubiera podido eftablecer otras enteramente diferentes, que hubiera podido decretar por exemplo, que defpues del choque los dos Cuerpos ó quedafen ambos enteramente quietos, ó ambos se moviefen en la mifma direccion con la velocidad primitiva, ó retrocediefen ambos con velocidades iguales ó desiguales á la velocidad primitiva.

No hay pues en la Impulsion como no le hay en la Atraccion otro *Mecanismo físico* que el que produce en ellas la accion y la ley del Autor y motor de la Naturaleza.

II.° ¿Si el órden de la Naturaleza, si la renovacion eterna de los Seres exîgia *una Ley de Impulsion*, efte mifmo órden de la Naturaleza, efta mifma renovacion de los Seres exîgian acaso menos una *Ley de atraccion*? ¿Por ventura eftá demoftrado que la Atraccion hace un papel menos brillante en la Naturaleza, que la Impulsion?

Al contrario eftá demoftrado, en primer lugar que *sola la Atraccion* sin el auxîlio de la Impulsion fujeta á movimientos eternamente periodicos y regulares los Globos celeftes en el feno del Vacío inmenso.

Es cierto en fegundo, que si la Impulsion influye mucho en la accion que anima, vivifica y eterniza la Naturaleza de los Seres al rededor de nofotros, la Atraccion fea general, fea efpecial tiene tambien una influencia

muy fensible y patente en efta mifma accion de la Naturaleza, y en los fenómenos que de ella nacen, como lo hemos hecho notar en varios lugares del primer Tratado de efta Obra (93, 220, 228, 241.)

III.° Si fola la Impulsion baftase para dar razon de todos los fenómenos de la Naturaleza, deberia es verdad fer defechada la Atraccion como una causa inútil, y cuya exîftencia no tendria prueba alguna.

¿ Pero no pudiendo obrar la Impulsion en los efpacios celeftes en donde no hay materia alguna impulsíva, no pudiendo tampoco conciliarse con una infinidad de fenómenos que obfervamos en pequeño en las operaciones chîmicas, y que se nos prefentan en grande en la formacion y defcomposicion de casi todos los Cuerpos terreftres, porque se ha de reufar asociar á la Impulsion una causa que con fus efectos conftantes y permanentes anuncia su exîftencia y influencia en toda la Naturaleza?

IV.° Si se hace un delito al Newtonianismo, de que atribuye el movimiento de los Cuerpos que se atraen á la accion del Criador, la mifma imputacion se puede hacer al Cartesianifmo que atribuye igualmente el movimiento de dos Cuerpos que se chocan, no á alguna qualidad ó virtud oculta de la materia conforme á la antigua preocupacion que folo exîfte ya en las ideas de los ignorantes, sino á la accion eficaz y permanente del Autor de la Naturaleza.

Pero á la verdad obrando fensatamente no se puede hacer un crimen por efta causa ni á Defcartes ni á Newton. Qualquier partido que se tome entre eftos dos grandes Hombres, entre eftos dos Reftauradores de la Filosofia no se puede menos de reconocer un primer Autor y un Eterno Confervador de la Naturaleza, quien folo ha eftablecido y quien folo executa las *Leyes del Movimiento* que libremente ha impuefto.

Una Física en la que no se fupusiese un Dios, ó folo se fupusiese un Dios ocioso y sin accion feria una Física mas digna de un eftúpido Epicureo que de un Filófofo iluftrado.

V.° Atribuir á la accion del Criador el movimiento de los Cuerpos que se chocan ó atraen no es deſtruir el mecaniſmo de la Impulsion ó Atraccion, no es reducir la Física á decir simplemente que tal fenómeno acontece porque Dios le produce, como la ignorancia ó la preocupacion objetan á veces á Deſcartes y á Newton; es decir á los dos Príncipes de la Filoſofía moderna, ó los dos Maeſtros del Mundo filoſófico.

Si se le pregunta á un Newtoniano por exemplo, porque los Graves aceleran su movimiento ſegun la progresion de los números impares (366) quando caen libremente y sin obſtáculo alguno hácia su centro, no responderá eſtúpidamente que eſte movimiento se acelera asi porque Dios lo quiere, sino que su reſpueſta ſerá que eſte fenómeno es una *dependencia de la Ley de Atraccion*: que ſupueſta eſta Ley general y primitiva que ha hecho conocer y deſcubrir la obſervacion de los movimientos celeſtes, el fenómeno de la aceleracion de los Graves debe ſuceder en los miſmos términos que le obſervamos.

Semejante reſpueſta es evidentemente muy digna de un Físico; ¿porqué en que consiſte ni en que puede consiſtir la Física sino en obſervar á que Leyes generales y primitivas eſtá ſometida la Naturaleza, y que influencia pueden y deben tener eſtas Leyes en tales y tales circunſtancias?

VI.° Por lo que hace á eſtas Leyes primitivas y generales de la Naturaleza ſeria evidentemente abſurdo pedir alguna explicacion física de ellas, y buſcar alguna causa ulterior, pues que como se ſupone eſtas Leyes ſon la causa general y primitiva de todos los efectos de la Naturaleza, y es evidente que no se puede ni debe dar mas razon de las Leyes y Cauſas primitivas de la Naturaleza, que la *Voluntad libre y siempre subsistente del Criador*, que habiendo querido y decretado tal Orden de coſas en la Naturaleza criada y formada por él, ha debido neceſariamente eſtablecer algunas cauſas primitivas, algunas cauſas independientes de toda otra cau-

sa ulterior para mover y animar por medio de ellas la Naturaleza conforme á ſus miras y designios.

811. OBJECCION III. Newton no ha admitido la Atraccion mas que como una hipótesis á propósito para dar razon de los fenómenos, mas que como una teoría de la que se deducen fácilmente por el cálculo todos los movimientos de los Cuerpos celeſtes. ¿Porque pues realizar noſotros una hipótesis, una teoría que no ha realizado su Autor?

RESPUESTA. I.° Importa muy poco ſaber que idea se habia formado Newton de Atraccion, pues que no fundamos la exîſtencia y realidad de eſta Ley ſobre la autoridad de eſte grande Hombre. Lo que importa ſaber en eſte punto es únicamente que idea nos debe dar de ella la *observacion de la Naturaleza* que eſtá expueſta á nueſtra viſta como lo eſtuvo á la de Newton.

Ahora bien: La obſervacion de la Naturaleza nos demueſtra que la Impulsion no es la única causa primitiva de su accion, y que á eſta causa es neceſario aſociarla otra, á ſaber la Atraccion. Luego la exîſtencia y realidad de la Atraccion eſtá tambien demoſtrada como la de la Impulsion.

II.° Por confesion de todos los Físicos y Aſtrónomos asi Cartesianos como Newtonianos, la Hipótesis de la Atraccion quadra perfectamente con todos los fenómenos de la Naturaleza, con todas ſus dependencias, con todas ſus particularidades y con todas ſus irregularidades aparentes.

¿Como ſeria posible que una hipótesis que es en todo la imágen y expresion de la Naturaleza no fuese una realidad en ella? Supueſto todo eſto, ſospechar que la Atraccion no es mas que una hipótesis vana ſeria dar derecho á formar igual ſospecha acerca de la Impulsion, y formar eſta ſospecha acerca de la Impulsion ſeria evidentemente un abſurdo.

Asi Newton en su Teoria de la Atraccion declara que no inventa un Siſtema, que no trabaja ſobre una hipótesis; *et ego Hipótesim non fingo*: sin duda porque

estaba persuadido á que esta Teoría no era otra cosa que la teoría misma de la Naturaleza.

III.° Algunos Partidarios de la Atraccion Newtoniana han querido darla por causa física una emanacion permanente de la sustancia solar (*Fig.* 102 y 108) dispuesta en forma de cono, y cuya densidad descrezca en razon inversa de los quadrados de las distancias A M, A N, A O (719).

Pero semejante *Causa física* es manifiestamente un absurdo, pues léjos de que esta emanacion de la sustancia solar atraxese los Planetas y Cometas hácia el Sol en razon inversa de los quadrados de las distancias, deberia por el contrario tirar en la misma razon á alejarlos de este Astro. Por exemplo (*Fig.* 132)

Supongamos que el cono luminoso D S F sea una emanacion solar que tenga la masa y velocidad que se quiera. Es claro que un torrente como este de materia despedida del Sol hácia la Tierra, lejos de atraer la Tierra á S deberia impelerla á C ó á X, á E ó á M al modo que las balas con que se bate una Ciudadela no tiran á traer la Ciudadela hácia la Bateria, sino al contrario á apartarla y á alejarla de ella.

812. Nota. Si alguno quisiese objetar todavia contra la exîstencia y leyes de la Atraccion Newtoniana ciertas experiencias hechas en estos últimos tiempos al pie y en la cima de los Alpes, se podrá ver en nuestro Curso completo de Fisica al número 1417 que juicio se debe formar de estas experiencias que han debido su celebridad únicamente á las falsas conseqüencias que por desgracia ha sacado de ellas una precipitacion inconsiderada.

En el lugar citado hemos hecho ver claramente que estas *Experiencias de los Alpes*, aun concediendo que tengan toda la certidumbre y exâctitud posibles no son en nada opuestas á la Ley de Atraccion ó Gravitacion establecida y demostrada por Newton, y que la nueva Ley de Atraccion ó Gravitacion en razon directa de las distancias que se podria querer inferir de ellas, en pri-

mer lugar no se infiere de modo alguno, y en segundo es enteramente opuesta á todas las Obfervaciones astronómicas que tienen por objeto las curvas y los movimientos de la Luna respecto de la Tierra, y de Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter y Saturno respecto del Sol, en todas las quales curvas y movimientos lejos de ser la Gravitacion en razon directa de las distancias ó radios vectores es tan solo en razon inversa de los quadrados de estas mismas distancias ó radios (805).

RESULTADO GENERAL DE ESTA TEORÍA.

813. CONCLUSION. *Todo depone pues en la Naturaleza á favor de la Atraccion Newtoniana*; pues que todo en ella nos descubre y demuestra su exîstencia é influencia. Esta Ley general de Atraccion en razon directa de las masas, é inversa de los quadrados de las distancias se nos muestra palpablemente en el fenómeno permanente de la pesantez de los Cuerpos, en los diversos movimientos elípticos de los Planetas y Cometas, y en todo el gran Teatro de la Naturaleza visible del que es el resorte secreto y el principal móvil.

Antes de Newton se empezaba á conocer la Naturaleza en sus efectos, pero todo en ella parecia extravagante porque se ignoraba la principal causa de todo. Newton rasgó con destreza el velo que nos ocultaba el gran *Resorte motor del Universo*, y desde entonces todos los grandes fenómenos de la Naturaleza en toda la inmensidad de los Cielos viniéron á ser simples dependencias de una *Causa igualmente sencilla y fecunda*, cuya teoría especulativa lleva al conocimiento del Cielo tan indefectiblemente como las observaciones mas exâctas. Pues con quanta mas exâctitud se llega á conocer el Cielo, tanto mas se acercan las observaciones á la Teoría de Newton, á la teoría de la Atraccion.

¿Se osaria sospechar despues de esto que un Principio tan sencillo y fecundo, que un principio que quadra

dar

tan perfectamente con toda la teoría de la Naturaleza, que concuerda en todo y por todo con los fenómenos aftronómicos y físicos, con todas fus circunftancias, particularidades y variaciones puede no fer mas que una feliz é ingeniosa ficcion, una causa ideal y sin realidad, un Ser puramente imaginario y metafisico? Efto feria formar una fospecha bien singular y eftraña: feria llevar el Pirronismo á su último extremo, y eftablecer su abfurdo imperio fobre todas las *Causas físicas* que no se descubren ni dan á conocer sino por fus efectos, y de las que ninguna nos mueftra mas expléndida y univerfalmente su exîftencia y influencia que la Atraccion descubierta y explicada por Newton.

La Atraccion pues unida á la Impulsion fobre la Tierra, feparada de ella en la inmensidad de los Cielos es la principal *Causa física* de los grandes fenómenos qué obfervamos en la Naturaleza en efte *gran Todo* en que se despliega por todas partes la sabiduría, el poder y la accion permanente de un Ser increado y creador, y cuyo abundante quadro acabamos de prefentar desenvolviendo al mismo tiempo su interefante mecanismo en efta Obra Elementar que abraza con feparacion y por menor todas las principales partes de la Física, y cuyo objeto no tiene otros límites que los de la Naturaleza misma.

FIN.

INDICE ALFABETICO
DE LAS MATERIAS DE QUE SE TRATA EN ESTA OBRA.

El signo = significa en este Indice *desde.... hasta*, por exemplo estas notas 764 = 787 significan que la materia que se indica está tratada en estos Elementos *desde* el número 764 *hasta* el 787.

A

ABERRACION *de las Fixas*: fenómeno solo aparente, 777.

ACCELERACION DE LOS GRAVES, ó teoría de Galileo, 363 = 392.

Accidos y Alkalis, 173, 102.

Acero templado, 232 y 575.

AFINIDADES CHÎMICAS, Ley de la Naturaleza, 85 = 141. Afinidad simple y compuesta, 87. Posibilidad de las afinidades, 90. Su causa eficiente 91. Sus efectos, 93 = 141. Objecciones contra su exîstencia, 92 y 809. Efectos de la Ley de Afinidad en la atraccion del agua, en las gotas esféricas de agua y de mercurio, en las disoluciones de las sales y de los metales, en las precipitaciones chîmicas, en los fenómenos de las cristalizaciones, 94 = 135; en los grandes fenómenos de la Dureza y de la Elasticidad de los Cuerpos, 220 = 230; en muchos fenómenos de los colores, 708.

AGUA, su naturaleza, 94. Sus afinidades, 95 = 109. El agua, principio de los Cuerpos, 179 y 161. Agua en vapor 140 veces menos densa que en su estado natural, 653.

AGUA fuerte y regia, 111 = 119.

AHOGADOS: freqüentemente muertos en apariencia y vivos en realidad, 589.

AIRE, principio de los Cuerpos, 180 y 651. El aire es un cuerpo primitivo é inalterable, pesado por sí mismo, compresible y elástico, 614 = 620. Fenómenos de su pesantez y de su elasticidad perfecta y constante en la máquina pneumática, en la de Magdeburg, en la geringa, en el barometro, en las bombas, en el sifon, en la eolípila, en las ventosas, 620 = 643. Influencia de la accion del aire en el mecanismo físico de la vida animal, de la combustion de los cuerpos, de la vegetacion de las plantas, 644 = 649. Inmensa quantidad de aire combinado en ciertos cuerpos, 650 = 654. El aire transmite el sonido mediante el temblor de sus moléculas, 668 y 682.

Alambique chîmico, 169.

Alchîmistas, 166. Sus absurdos intentos, 147.

Almizcle. Difusion de su olor, 33.

Alto y baxo : términos que no convienen al espacio infinito, 771 y 781.

Analisis chîmica, 163 y 169.

Angulos de reflexîon, 394.

Angulos ópticos, 745=750.

ANIMAL. Su descripcion, 511. Su division general en las dos especies racional é irracional, 513. La *Especie racional* solo se divide en muchas razas accidentalmente diferentes, 514. La *Especie irracional* comprehende una muchedumbre inmensa de especies subalternas esencialmente diferentes entre sí, 518 = 521. Sentido é instinto de los brutos, 522. Investigaciones y sistemas acerca del gran misterio de la reproduccion de los seres vivientes, 524=557.

Animales microscópicos, 520, y 35=40.

ANTIGUEDAD DE LA TIERRA : no hay monumento alguno histórico, físico, ni astronómico que demuestre que nuestro globo tenga mas de siete ú ocho mil años de exîstencia, 507=510.

Antípodas, 781, *v.* Zenith.

Aphelios y Perihelios, Apogeos y Perigeos, 773.

APLANAMIENTO DE LOS POLOS, 255, 492 y 777.

Armas de fuego, su accion y retroceso, 334; su construccion, 392.

Arterias y venas, 516.

Ascenso de los Líquidos en el Vacío, 626=631.

Ascenso de los Vapores y de las Exâlaciones en la Atmósfera, 656.

ASTRONOMÍA, ó teoría de los Cuerpos celestes, 764=813.

ATMÓSFERA TERRESTRE, 614. Su peso y altura, 661 y 665.

Atomos, extensos segun Epicuro, 55; inextensos segun Zenon, 46.

ATRACCION RECÍPROCA de los Cuerpos en razon directa de las masas, é inversa de los quadrados de las distancias : ley de la Naturaleza descubierta y demostrada por Newton, 80=84, y 797=813.

ATRACCIONES ESPECIALES, *v.* Afinidades chîmicas.

Aurora : ó crepúsculos de la mañana, 763.

Aves: 520.

B

Balanceo de los Cuerpos puestos en equilibrio, 441=444.

Balanza ó peso comun: Romana, 432 y 433.

BALÍSTICA: sus fenómenos y teoría, 379=392.

Baño de arena y baño maría, 71.

BARÓMETRO : su construccion y fenómenos, 633=637. Regla bastante segura para medir por aproxîmacion la altura de las Montañas y de la Atmósfera, 662=665; pero muy falaz en indicar el bueno ó mal tiempo, 637. Descenso del mercurio en el barómetro sobre las montañas altas, 637 y 662.

Barcas de remos y de velas, 433. Barcas y Navios porque se sostienen sobre el agua, 585.

BOMBAS, atraentes, 638: atraentes é impelentes, 640.

Botánica, 538=544.

Brúxula, 550.

BRUTOS, multitud de sus especies, 518=521. Sus sentidos y su instinto, 522 y 523. Su reproduccion, 524=537.

C

Cabrestante y torno, 445=455.

Calcinacion de los Cuerpos, y

explicacion de un fenómeno singular que presenta la calcinacion de ciertos metales, 563 y 564.

Cañon: velocidad y direccion que da á la bala, 391.

Caracol y Lámina espiral en el oido, 668 y 685.

Catróptica: ciencia de la direccion que debe seguir el rayo de luz reflexado, 399.

CAUSAS FÍSICAS, 77=93.

Celebro: su descripcion, 516.

Centros de gravedad, y líneas de gravitacion, 411=417. Mutaciones del centro de gravedad en el Globo terrestre, posibles y probables, 506.

Chîmia y Chîmicos, 166=187.

Chupamiento de las plantas, 542.

Chronologías, 507=510.

Cobre: metal imperfecto, 128, 546 y 554.

COMETAS: astros opacos tan antiguos como el mundo, bastante semejantes á nuestros planetas, y que hacen sus revoluciones periodicas al rededor del Sol en elipsis sumamente excéntricas, 764, 793 y 505.

Compresion de los Cuerpos, 203 =209.

Condensacion de los Cuerpos, 203 =209.

Cono umbroso de los Planetas y Cometas, 724 y 725.

CONTINUO: definicion de este término, 44. Divisibilidad del continuo, 45=71.

COLORES: en los rayos, 694 =714; en los objetos colorados, 701 y 730; sus transformaciones, 701 y 707.

Corazon humano: descripcion de esta prodigiosa entraña, 510.

Crepúsculos, 742 y 743.

Cric: máquina, 454.

Cristal de roca, 131: facticio, 135.

Cristalino: humor del ojo, 758 y 760.

CRISTALIZACION de las Sales, piedras, y metales, 120=135.

CUERPO HUMANO, descripcion de sus principales órganos y de su accion mecánica, 516.

Cuerdas mecánicas: su peso y tiesura, 487=491.

Cuerdas de violin y de clave, cuyas vibraciones producen el sonido, 669=682.

Cuña: máquina, 474=479.

D

Declive de las aguas en los aqüeductos y en los rios, 574 y 662.

Densidad de los Cuerpos, 202 y 149.

Descomposicion de las Fuerzas, 351=357.

Destilacion chîmica, 170.

Diamante, 131; su formacion, 134.

Digestion y *Nutricion*, 517.

Dilatacion y Condensacion de los Cuerpos, 203=216.

Dilatabilidad del agua, 655.

Diluvio, 502=506.

DIOS. Ser increado y criador, único Autor, Conservador y Motor de la Naturaleza, 74, 76, 148.

Disoluciones chîmicas, 101=117.

Distancias de los Objetos, como se valuan, 747.

Divisibilidad de la Materia, 45 =71.

Division de la Materia, 20=44.

Dorado, verdadero y falso, 27 =29.

Dureza ó Solidez de los Cuerpos, su causa física, 217=225.

E

ECO ó Reflexîon del Sonido, 683.

Eclipses de Sol y de Luna, 724 y 725.

Eclíptica, 766 y 774.

ELASTICIDAD de los Cuerpos, su naturaleza y su causa física, 226 = 240. Excitada por medio de la presion y de la tension, 238; produce en el cuerpo compresible y comprimido una reaccion igual á la accion, 327 y 393 = 400.

ELEMENTOS DE LOS CUERPOS, 4: su inseparabilidad é indestructibilidad natural, 11 y 145: homogeneos por su naturaleza, pero heterogeneos por la diversidad de sus masas y figuras, 145: los tres Elementos de Descartes, 163: los *quatro Elementos de Aristóteles* y de los Chîmicos modernos, 156 y 187.

Elevamiento del Eqüador terrestre, 255, 492 y 777.

Emanacion de la Luz, 42 y 690.

Enfermedades contagiosas, 34.

Eolípila, 642.

Eqüador, 492 y 494.

Equilibrio: mecánico, 421 y 426: hidrostático, 99, 566, 593.

Equinoccios y *Solsticios*, 770, 774, 777.

Espira del relox, 455 y 232.

ESTACIONES: su vicisitud, 770.

Extension, penetrable é impenetrable, 14 = 19.

Estómago, 516.

ESTRELLAS, astros fixos y luminosos, 754, 766, 777.

Estrella del Régulo de Antimonio, 134.

Estigmas y estambres de las plantas, 541.

Ether Curtesiano, 794.

Evaporacion del agua, 608.

Exhalaciones y *vapores*, 614 y 564: su ascenso por la atmósfera en donde forman los metéoros, 608 y 656.

EXE TERRESTRE, su paralelismo sensible en cada revolucion anua de la Tierra al rededor del Sol, 492 y 770.

Exes ópticos, 746 = 748.

F

Fases de los Planetas, 773.

Fermentacion, 560, y 100 = 119.

Fixeza y volatilidad de los Cuerpos, 9 y 170.

FLOGÍSTICO, 186, 561, 130.

Flores y frutos de los vegetales, 541 y 539.

FLUIDEZ DE LOS CUERPOS, su causa, 221 y 222.

Flúidos y líquidos, 8.

Formas sustanciales del Peripato, 157, y 189 = 195.

Fosiles, propios y extraños á la tierra, 545 y 552.

Frio y hielo, 221.

FUEGO, principio de los Cuerpos, 185; accion del aire sobre el fuego, 649.

Fuego central, su chîmera, 500 y 602.

FUENTES y RIOS, provienen únicamente de las lluvias y nieves, 601 = 612: quantidad media del agua que se evapora diariamente y de que se forman en la Atmósfera las lluvias y las nieves, 608: puntos de division para la distribucion de las aguas en la superficie terrestre, 610.

Fuerza de inercia, 286 = 294.

FUERZAS MOTRICES, su estimacion, 268 = 284: su descomposicion, 351 = 357.

FUERZAS CENTRALES ó Fuerzas

proyectil, centrípeta y centrífuga, 360: combinacion de estas tres Fuerzas en el movimiento de los Planetas y Cometas, 771.

Fuerzas vivas y *muertas*, 278 = 284.

G

Gérmenes de los Vegetales, 540 y 544.

Glotis y Epiglotis, 516 y 684.

GRAVEDAD, ó Pesantez, ó Fuerza aceleratriz, 242: propiedad comun á todos los Cuerpos terrestres, 243: igual en todos los Cuerpos igualmente distantes del centro de la tierra, 245; mayor debaxo de los Polos que en Francia, y en Francia que debaxo del Eqüador, 251 y 252; en nuestros Paises hace andar á los Cuerpos qualesquiera en el primer segundo de su caida libre en el Vacío unos 15 pies de Francia ó 16 de Inglaterra, 248: Su direccion es siempre y en todas partes perpendicular al horizonte, 247 y 808: esta direccion no tira en todas partes exâctamente al centro de la Esferoyde terrestre, 808: Su accion crece y mengua en todos los Cuerpos que podemos observar en razon inversa de los Quadrados de sus distancias al centro de su movimiento, 805: su causa no es la impulsion en el Lleno perfecto ó imperfecto, sino la Ley de Atraccion recíproca en el Vacío, 808.

Grua: máquina, 453.

Gusanos similares, 529.

H

Harmonía preestablecida, 52.

HETEROGENEIDAD de los Elementos de los Cuerpos, 145: de las moléculas aereas, 658; de las luminosas, 696 y 697.

Hierro y Acero, metal imperfecto, 128 y 554.

HOMOGENEIDAD de la Materia, 142 = 152.

Horizonte, v. *Zenith*.

Huevo que contiene el feto, 527 y 530.

Huesos y Músculos, su accion mecánica, 516.

Humores del ojo, aqueo, cristalino y vitreo, 758 y 760.

Hydraúlica, 566.

HYDROSTÁTICA, sus leyes y fenómenos, 566 = 594.

I

Ilusiones ópticas, 742 = 753.

IMÁGENES DE LOS OBJETOS en el Ojo, 727 = 733.

IMPRESION DOMINANTE, en la percepcion del sonido, 684; en la de la luz y de los colores, 702.

IMPULSION, Ley de la Naturaleza, 78: es la causa física de los movimientos mecánicos, 317 y 421: lo es tambien del movimiento curvilíneo de los Planetas y Cometas, 808.

Incompresibilidad de los Líquidos, 206 = 209.

Incrustaciones y petrificaciones, 556 y 557.

INERCIA DE LA MATERIA, 72 = 76: Fuerza de inercia, 286 = 294.

Insectos y transformaciones, 520.

Instinto de los Brutos, 523.

Instrumentos de viento y de cuerdas, 669, 671, 679.

Inxertacion de los Arboles, 544.

L

LÁMINA ESPIRAL, especie de clave natural compuesto de infinitas fibras de diferente grueso y tension, 668 y 685.

Latitud y *Longitud*, 495.

LÍQUIDOS, 8 y 221: su gravitacion propia en todas direcciones, 568 y 569: equilibrio de los líquidos homogeneos, 571=574: de los heterogeneos, 591 y 593: presiones y salidas de los líquidos, 575=582. Sólidos metidos en los líquidos, 583=591: Relaciones de pesantez específica entre los liquidos, y entre estos y varios sólidos, 584 y 585.

LEYES DE LA NATURALEZA, 77 y 141: las tres Leyes generales y fundamentales de la Naturaleza son la de Impulsion, la de Atraccion, y la de Afinidad ó Atraccion especial, *v. estas voces.*

LLENO DE DESCARTES, su chîmera, 788, y 793=796: semilleno y lleno perfecto, 790 y 791.

LUNA, Satélite de la Tierra, 766 y 777: sus eclipses, 725.

LUZ, su division, 41=44: su naturaleza y origen, 688=693: su descomposicion en siete especies diferentes de rayos, 696: sus colores en los rayos y en los objetos que los repercuten, 697=714: su velocidad, 716: leyes de su propagacion, 715=722: principios de la vision, 726=767.

M

Máquina pneumática, 621=624.

Máquina de Magdeburg, 625.

Máquinas mecánicas, todas pueden considerarse como palancas, 422.

MARES, Continentes, Islas, 493.

Masa y volumen de los Cuerpos, 200.

MATERIA, su naturaleza, 2 y 5: sus elementos, 4: su extension, 14=16: su division, 20=44: su divisibilidad, 45=71: su inercia, 72=76: sus leyes, 73 y 78=85: sus afinidades, 75=136: su homogeneidad, 142=152: principios y propiedades de las varias sustancias materiales que componen la Naturaleza, 153=256.

Materia subtil, 223, 228, 794, 795, 808.

Matriz: en el Reyno animal, 525: en el mineral, 545.

MECÁNICA, ó teoría de las fuerzas motrices, 410=491.

Mercurio: mineral, 128: su suspension en el Vacío, 629 y 633: mercurio chîmico, 168.

Meridiano, terrestre y celeste, 492.

METALES, su ductilidad, 21=30: perfectos, imperfectos, y semimetales, 128=130: su disolucion, 110. su cristalizacion, 134: accion de los espejos ustorios sobre los metales perfectos, 150: formacion de los metales, 552, 554 y 563.

MILAGRO DE JOSUE, ó interrupcion milagrosa del movimiento real ó aparente del Sol por espacio de 24 horas, 785 y 786.

MINERAL, 511, y 545=564.

MOLÉCULAS orgánicas en la reproduccion de los animales y vegetales, 531=537.

Molinos de mano, de agua y de viento, 452.

Monades de Leibnitz, 50=53.

Monstruos, por exceso y por defecto, 536.

Montañas y Valles, 498 y 663.

Movimiento, su causa eficiente, 76: su naturaleza y diferiencias, 257=261: su estimacion, 272=277: fuerzas vivas y muertas, 278, 284: obstáculos del movimiento, 285=305: leyes generales del movimiento, 306=316: comunicacion del movimiento en los Cuerpos no elásticos, 317=325: en los elásticos, 326=340: leyes del movimiento compuesto, y descomposicion de las fuerzas, 342=362: leyes del movimiento acelerado en la caida de los Graves, y fenómenos de la Balística, 363=392: leyes del movimiento reflexo, 394=400: leyes del movimiento refracto, 401=409: leyes del movimiento en la accion de las Máquinas, *v.* Mecánica.

Movimiento perpetuo, su chîmera, 313.

Músculos, su accion y fuerza prodigiosa, 516.

Myopes y *Présbytas*, 761.

N

Nadadores, sus movimientos en el agua, 588.

Nervios y músculos, 516: nervio auditivo, 685: nervio óptico, 759 y 760.

Nivel, 563: altura del Sena, y del Observatorio Real de Paris sobre el nivel del mar, 662.

Noche y *dia*, 768.

O

Objetos y *movimientos insensibles*, 741=745.

Oido, mecanismo del sonido en todas las partes de este admirable órgano, cuya lámina espiral puede mirarse como un clave natural, 585=587.

Ojo natural, 729, y 756=761: artificial, 728.

Olores, su difusion é impresion, 31=33.

Organizacion de los Vegetales, 542 y 544.

Oro, metal perfecto, 128 y 571: su prodigiosa ductilidad, 21=27: accion de los espejos ustorios sobre el oro, 150.

Ovarios, 553 y 556.

P

Palancas de diferentes especies, 423=425: accion perpendicular á la palanca, 421=431: accion obliqüa á la palanca, 434=440: todas las Máquinas pueden considerarse como palancas, lo que simplifica mucho la teoría de la Mecánica, 422.

Parábola, movimiento parabólico, 380.

Partículas similares de Anaxâgoras, 160.

Peces, 520: sus movimientos, 585.

Pecho, 516.

Péndulo de Segundos, 251.

Penumbra, 725.

Peon, su movimiento, 309 y 784.

Perlas, su formacion, 134.

Perpendiculares á los varios medios refractantes, 402.

Pesantez, ó Gravedad, ó tendencia de los Cuerpos hácia ciertos centros, *v.* gravedad y fuerzas centrales: pesantez específica de los Cuerpos, 202 y 585: causa física de la pesantez de los Cuerpos, 808=811: direccion de la pesantez, siempre perpendicular al horizonte, 247 y 808.

Peso y *pesantez*, diferiencia que hay entre estos dos términos, 246.

Petrificaciones y Congelaciones, 134 y 555.
PIEDRAS, sus diferentes especies, 547 y 549: su cristalizacion, 133: piedra iman, 550: piedra en la vegiga, 134.
Piedra filosofal, su chîmera, 147 y 166.
Plano inclinado, máquina, 456 =465.
PLANETAS PRINCIPALES, 766: su revolucion diurna y annua, 771: sus estaciones, retrogradaciones, perihelios, aphelios, apogeos y perigeos, 773 y 776.
Platina, metal perfecto, 28.
Plomo, metal imperfecto, 128.
Poleas, móvil é inmóvil, 445= 448.
POLOS de la Tierra y del Mundo, 492 y 495. Polos de la Eclíptica, 766 y 777. Aplanamiento de la Tierra hácia los Polos, 492 y 797.
Polypos, 195 y 545.
Poros, 10: Porosidad de los Cuerpos, 197=216.
Potencia mecánica, 343, y 418 =421.
Pozos y Chorros de agua, 573 y 574.
Precipitaciones chîmicas, 118 y 119.
Présbytas y *Myopes*, 761.
PRINCIPIOS DE LOS CUERPOS, 153 =195: segun los Chîmicos de la edad media ó segun los Paracelsistas, 168: segun los Chîmicos modernos, 178.
PROPAGACION DE LOS ANIMALES, varios sistemas y experiencias acerca de este objeto, 524=537.
PROPIEDADES DE LOS CUERPOS, comunes y específicas, 196.
Pulmon, 516.
PUNTOS FÍSICOS, 46=49: inflados, 54: sin contacto, 56.
Pupila y retina, 756.
Putrefaccion, 560.
Pyrómetro, 216.

Q

Quadratura, posicion de los Planetas, 773.
Quadrúpedos, 520.
Qualidades ocultas del Peripato, 157, 189=195, y 809.
QUALIDADES SENSIBLES de los Cuerpos, 190 y 193.
Quantidad de Movimiento ó su estimacion, 268=284.

R

REACCION, igual y opuesta á la accion, 327.
REFLEXION DEL MOVIMIENTO, ó movimiento reflexo, 394=400: de la Luz, 399, 690, 140.
REFRACCION DEL MOVIMIENTO, ó movimiento refracto, 401=409: de la Luz, 408 y 760.
Refraccion astronómica, 762 y 753.
Reptiles é insectos, 520.
RESISTENCIA y potencias mecánicas, 418: resistencia de Cohesion, 295=298: resistencia de los Medios, 299=305: resistencia de las Máquinas ocasionada por el rozamiento de los Cuerpos y por la tiesura de las Cuerdas, 480=489.
Retina y Pupila, 756.
Retroceso de las armas de fuego, 334.
Retrogradaciones de los Planetas, 776 y 777.
REYNO animal, vegetal y mineral, 511=564.
Rosca, 466=471: rosca de Archîmedes, 473: rosca sin fin, 472.
Rozamiento de las Máquinas, 481 =486.
Ruedas dentadas, 454.
Ruedas de los Carruages, 463.

S

SALES en general, 102: su disolucion, 104=108: su cristalizacion, 120=127: Sal comun, su formacion, 127: sus propiedades, 176: Sales chîmicas, 168=172: Accidos y Alkalis, 173 y 174: Sales neutras, 175: Sales esenciales, 176.

Satélites ó Planetas secundarios, 766.

Savia ascendente y descendente, 542.

Semi-metales, 128 y 554.

Sensitiva planta, 194.

Sifon, máquina hydráulica, 641.

Signos del Zodiaco, 766 y 770.

SOL, su posicion y movimientos aparentes, 766, 768, 770: sus estaciones, 774: su irradiacion permanente no debe disminuirle sensiblemente, 691.

SOLIDEZ ó Dureza de los Cuerpos, su causa, 217=225.

Solsticios y Equinoccios, 770, 774, 777.

Sombra, 724.

SONIDO, su naturaleza y fenómenos, 667=687.

Sordera, sus causas, 687.

Sujeto cultivado y *silvestre*, 544.

Superficie terrestre, su grandor, 496 y 497.

Suspension del agua, del mercurio y de todos los líquidos en el Vacío, 626=631.

Systema de Copérnico, 764=787.

T

Terremotos, 495.

Termómetro, 210=215.

Tiradores de Oro, 22=26.

Tierra, principio de los Cuerpos; vitrificable, arcillosa, vegetal, calcaria, mercurial, 181=184, y 547=549.

TIERRA ó Globo terraqueo, su naturaleza y estructura, 492=505: sus revoluciones físicas, 501=506: su formacion, 501=507: su antiguedad, 507=510: sus tres Reynos, 511=564: *Tierra-planeta*, sus tres movimientos reales, 776, 777, 778, 784: los tres movimientos reales de la tierra no son en manera alguna opuestos á la Sagrada Escritura, 785 y 786.

Tonos dominantes y armónicos, 677.

Torno, máchîna, 449=455.

Trachêa arteria, 516, y 684: trachêas de los vegetales, 542.

Tróculas ó *poleas tróculas*, 447.

Trópicos, círculos que terminan las dos Zonas tórridas, 494.

TUBOS CAPILARES, sus fenómenos, 595=600.

Turbillones de Descartes, 163 y 788: su chîmérica influencia en el movimiento de los Planetas y Cometas, 793=796: en el gran fenómeno de los Cuerpos, 808=810.

V

VACIO de Newton, 788, y 790=796: no deroga en nada á la grandeza de las Obras del Criador, 796.

VAPORES y exhalaciones, 564, 608 y 614: su ascenso por la Atmósfera en donde forman los metéoros, 656.

VASOS, sanguineos, limphâticos, lacteos, aëreos en la organizacion animal, 516: limphâticos, propios, aereos ó tráchêas en la organizacion vegetal, 542 y 543.

Vegetal, su naturaleza, 511 y 538: su division y organizacion,

539=543: ingertacion de los Arboles, 544: formacion de los Vegetales, 542, 544, 152.

VELOCIDAD: su naturaleza y estimacion, 262=267: velocidad de una bala de Cañon de batir, 391: de la luz que viene del Sol á nosotros en cosa de siete minutos y medio, 716: del Sonido que se alcanza á oir de un lugar á otro, 673: de la Tierra en su revolucion annua al rededor del Sol, 779: de un punto terrestre en su revolucion diurna al rededor del exe de la Tierra, 779.

Venas y Arterias, 516.

Ventosas, 643.

Vértigos, ocasionados por un movimiento de rotacion, 780.

Vida animal, 647 y 517.

Villar, 341 y 400.

VISION, 726: imágenes de los objetos en el ojo, 730=734: ángulos ópticos, 746: objetos y movimientos insensibles, 741: artificio de la vision, 760 y 761: ojo natural, 729 y 756: ilusiones ópticas, 742=743.

Vitrificacion de los Cuerpos, 135.

Vivíparos y Oviparos, 519.

Volatilidad de los Cuerpos, 9, y 167=170.

Volcanes, 499.

Volúmen de los Cuerpos, 201.

Voz humana, producida por un órgano que se puede mirar como instrumento de viento y de cuerdas, 684.

Z

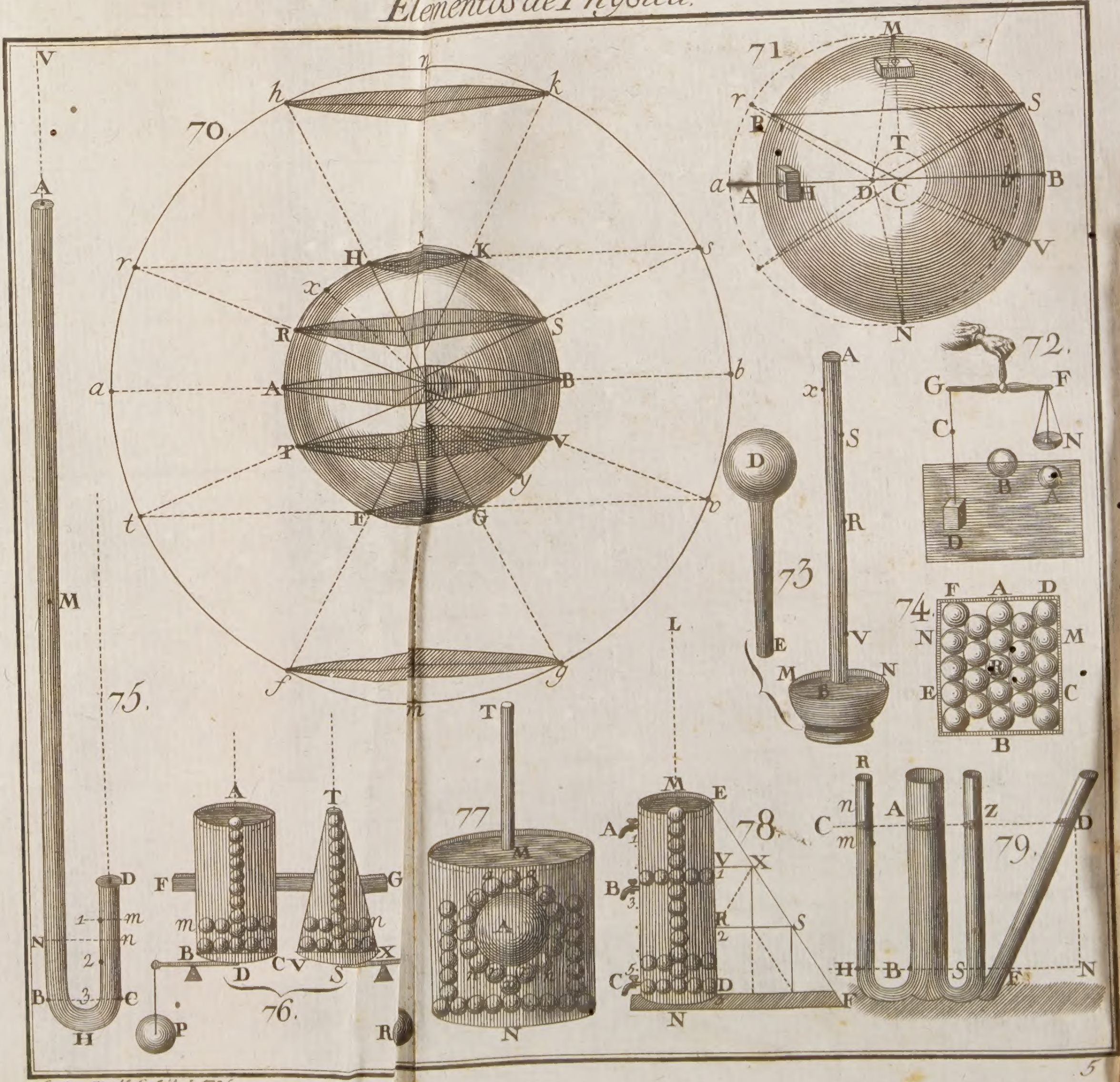
ZENIT y NADIR de un Punto terrestre, son los dos puntos del Cielo en que terminaria el radio terrestre tirado del tal punto de la tierra, suponiendo este radio prolongado indefinidamente por encima y por debaxo de su *Horizonte sensible*, esto es, de un círculo indefinido cuyo centro tocase en este punto sensible, y al qual fuese perpendicular este radio, 781.

Zodiaco, zona terrestre en la que están situados los doce Signos, 766.

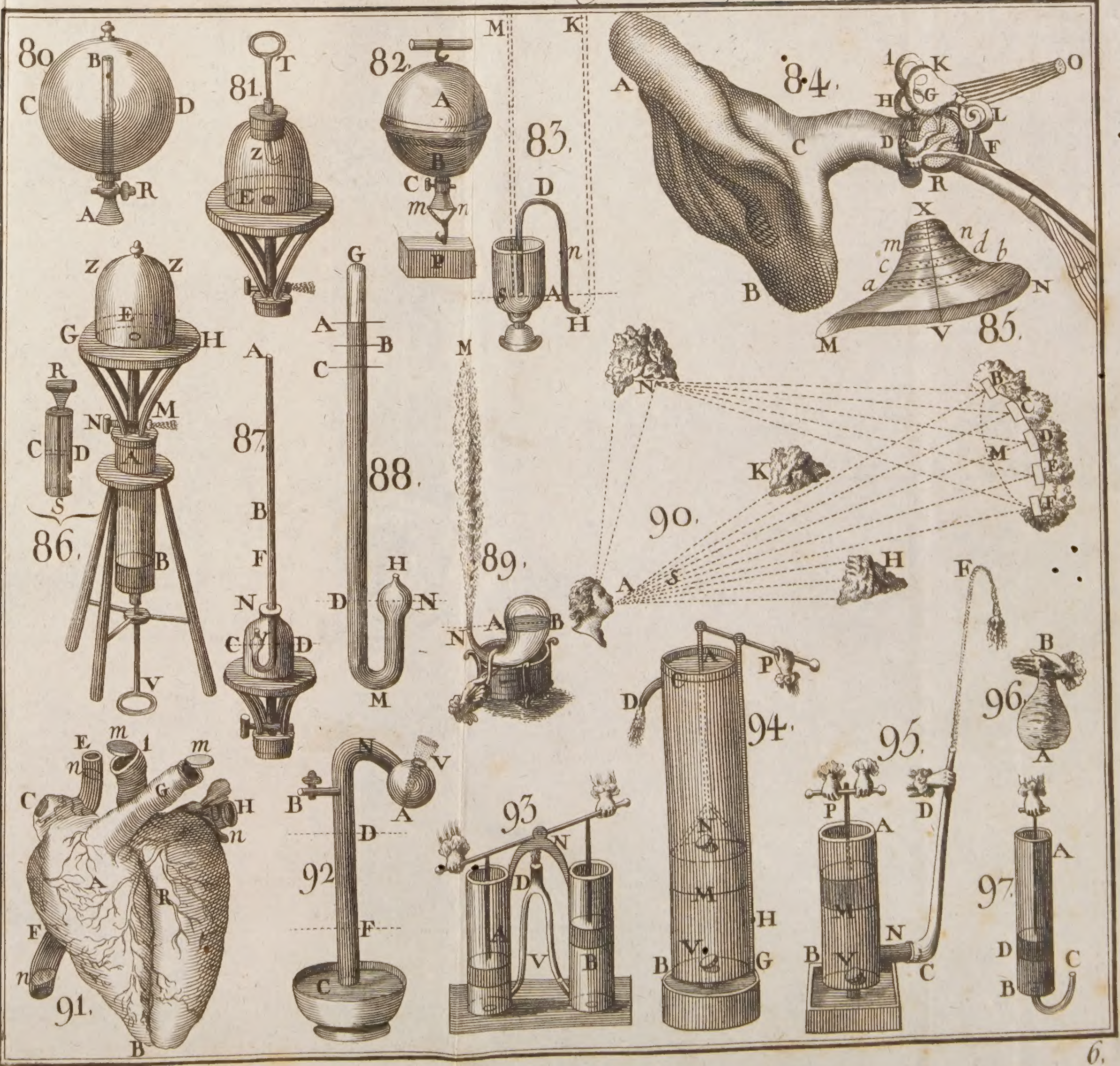
Zonas terrestres, 494.

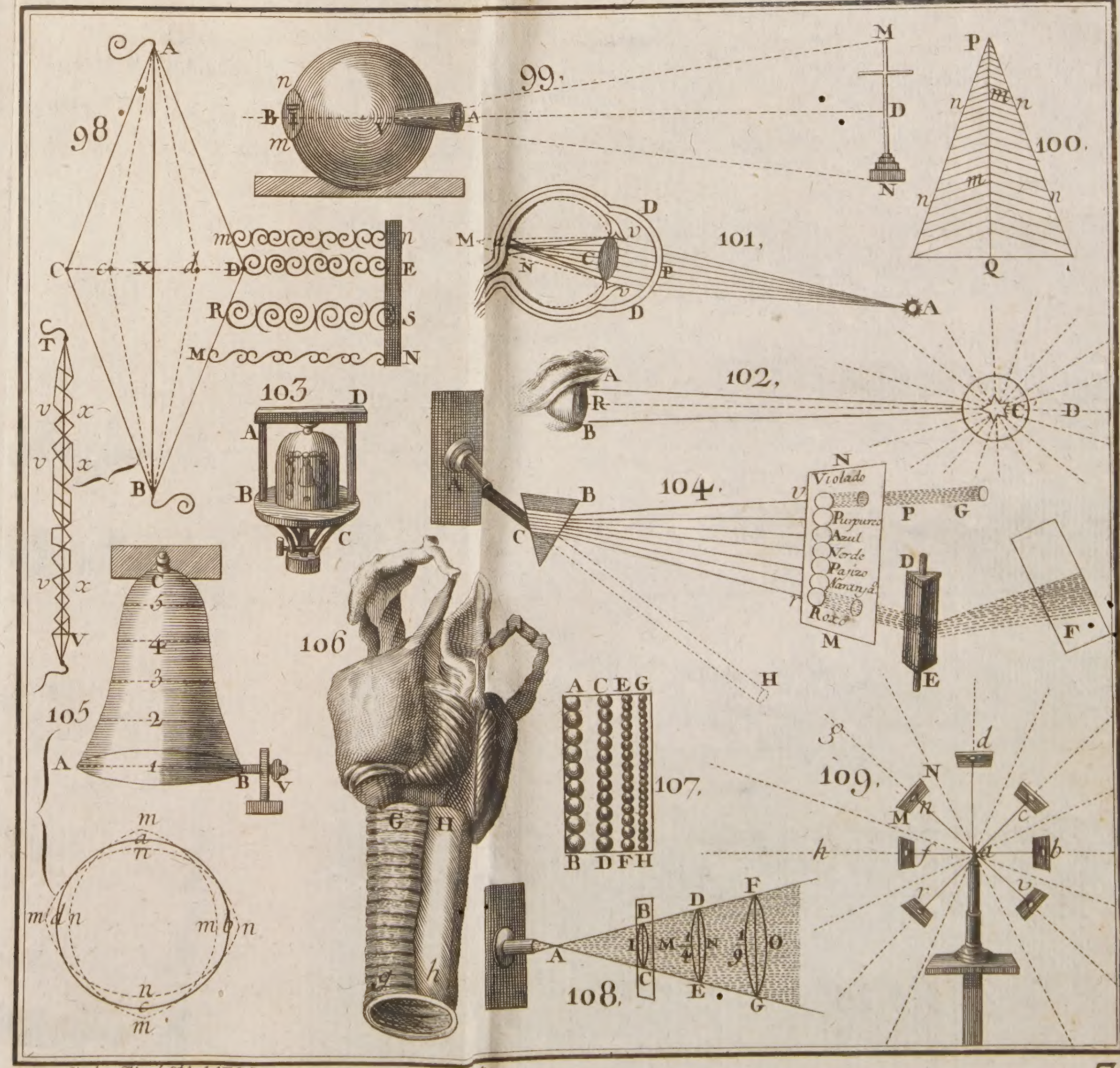
Zoóphitos, ó Animales-plantas, 520.

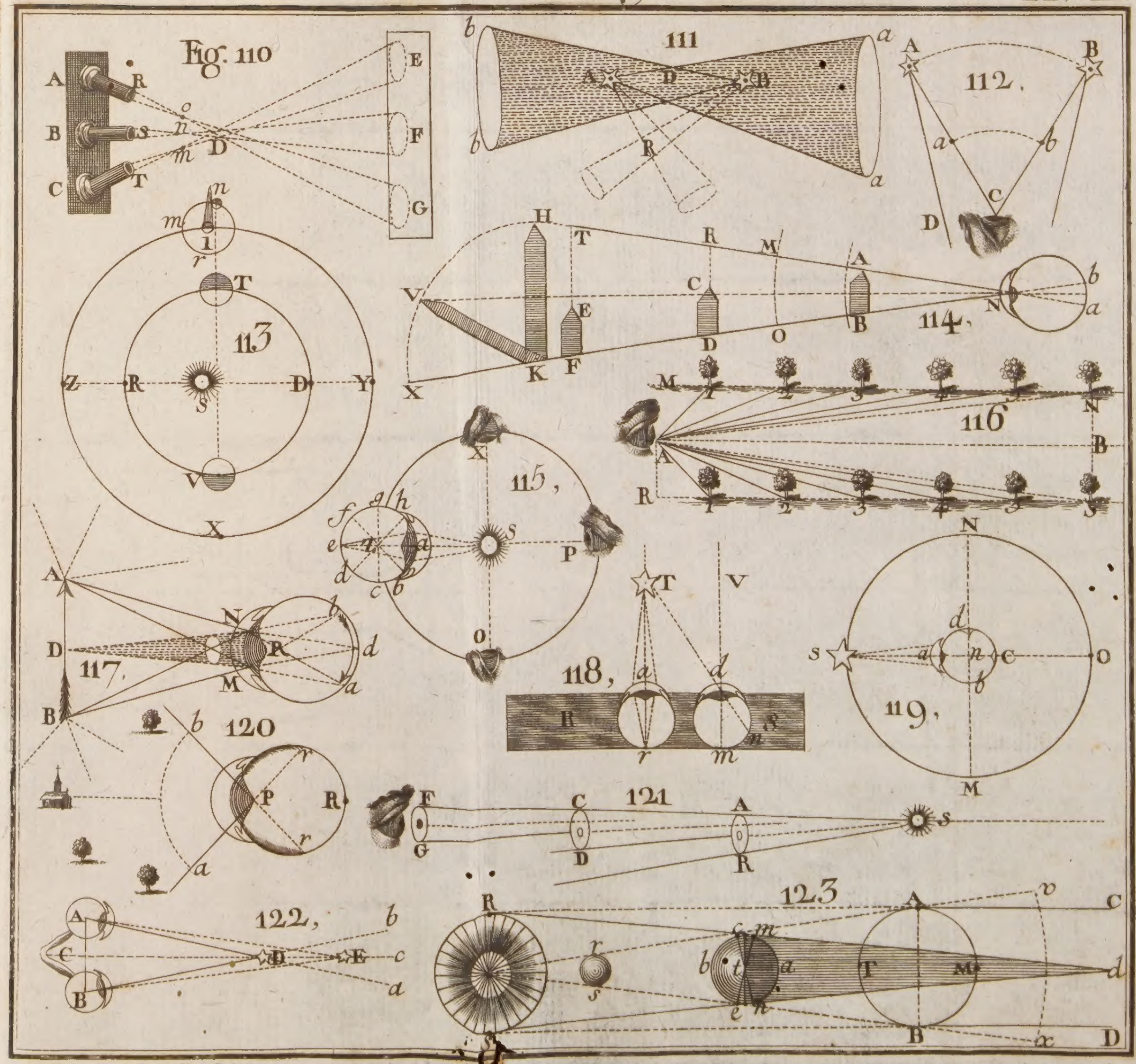
FIN DEL INDICE.



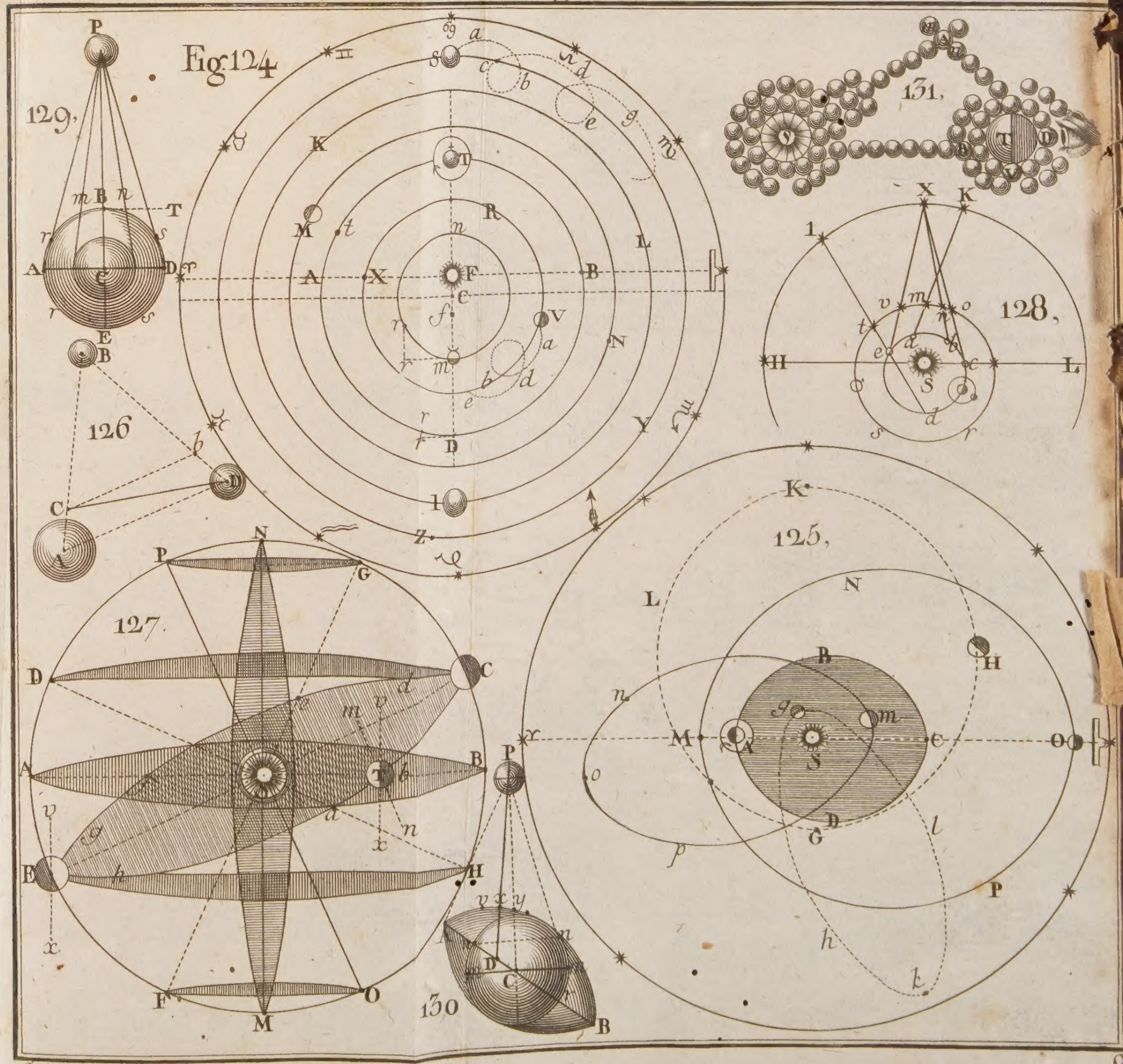
Cypriano Maré lo Grabó á de 1795.


80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97

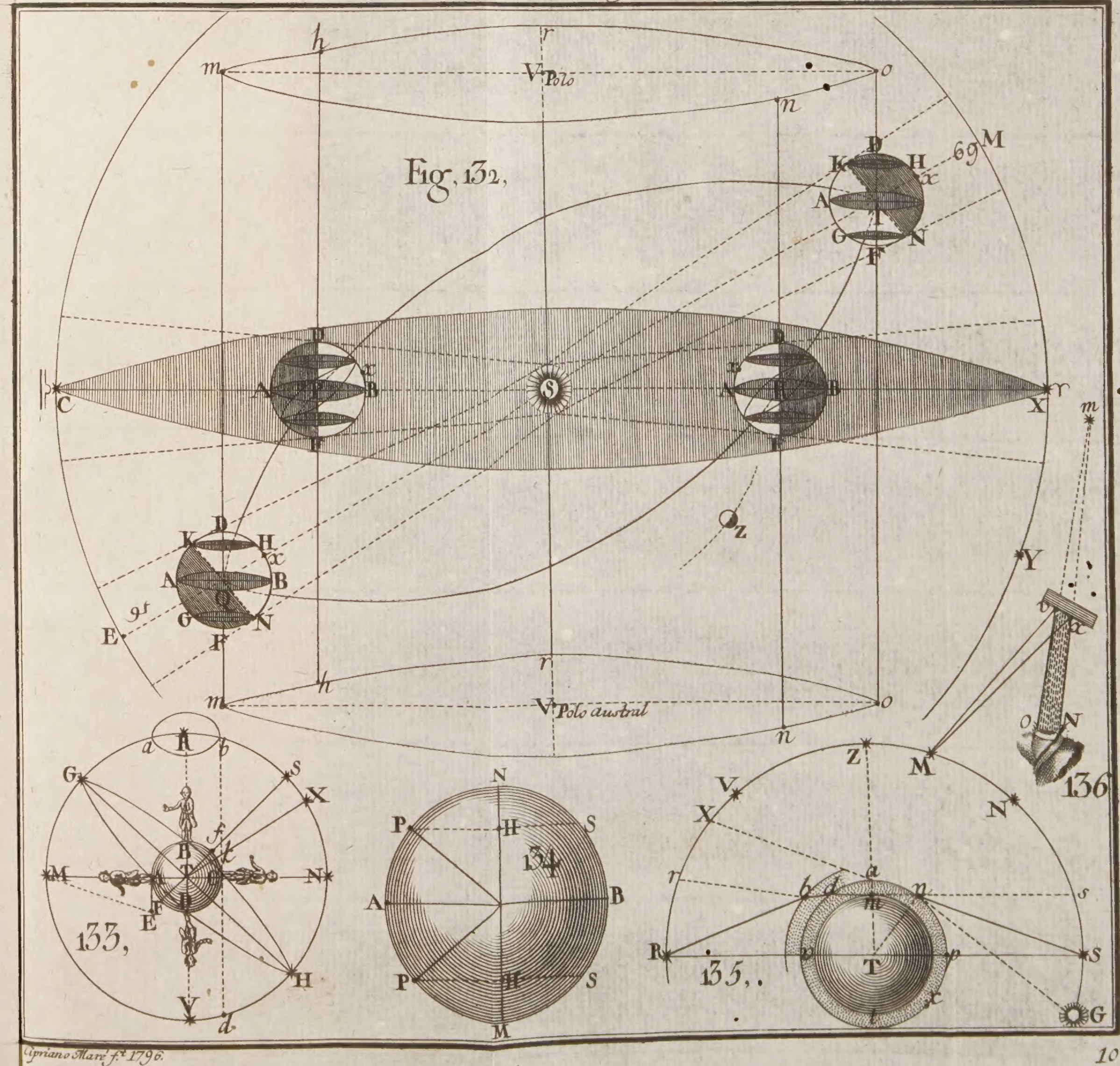

98
99.
100.
101,
102,
103
104.
Violado
Purpura
Azul
Verde
Pajizo
Naranja
Roxo
105
106
107.
108.
109.



Cipriano Maré f.t a. de 1795.



Cipriano Marê f.t 1796.



Cipriano Maré f.t 1796.

445
Para, abbot 100 Pi
AUTHOR
Elementos de Filosofia
TITLE
445